



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH  
TECHNOLOGIÍ

ÚSTAV ELEKTROENERGETIKY

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION  
DEPARTMENT OF ELECTRICAL POWER ENGINEERING

## MATEMATICKÝ POPIS VRB BATERIE

MATHEMATICAL DESCRIPTION OF VRB BATTERY

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. DANIEL KORNIÁK

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. LUKÁŠ RADIL

BRNO 2013



VYSOKÉ UČENÍ  
TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky  
a komunikačních technologií

Ústav elektroenergetiky

# Diplomová práce

magisterský navazující studijní obor  
**Elektroenergetika**

**Student:** Bc. Daniel Korniak

**ID:** 106549

**Ročník:** 2

**Akademický rok:** 2012/2013

**NÁZEV TÉMATU:**

**Matematický popis VRB baterie**

## POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

1. Studium vlastností redoxových baterií.
2. Měření a hodnocení VRB baterie.
3. Návrh matematického modelu baterie.
4. Možný návrh softwarového řízení a ochran baterie.

## DOPORUČENÁ LITERATURA:

podle pokynů vedoucího práce

**Termín zadání:** 11.2.2013

**Termín odevzdání:** 24.5.2013

**Vedoucí práce:** Ing. Lukáš Radil

**Konzultanti diplomové práce:**

**doc. Ing. Petr Toman, Ph.D.**

*Předseda oborové rady*

## UPOZORNĚNÍ:

Autor diplomové práce nesmí při vytváření diplomové práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č.40/2009 Sb.

Bibliografická citace práce:

KORNIÁK, D. *Matematický popis VRB baterie*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2013. 103 s. Vedoucí diplomové práce Ing. Lukáš Radil.

### **Poděkování:**

Tímto bych chtěl poděkovat panu Ing. Lukáši Radilovi za podmětné připomínky a celkovou pomoc při zpracování mé diplomové práce.

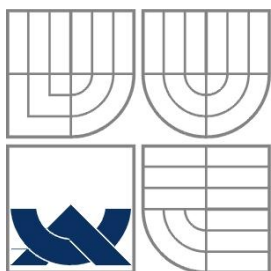
v Brně dne 21.05.2013

.....

Podpis autora

Jako autor uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této diplomové práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. Díl 4 Trestního zákoníku č. 40/2009 Sb.

.....



**VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ**



**Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií**  
**Ústav elektroenergetiky**

**Diplomová práce**

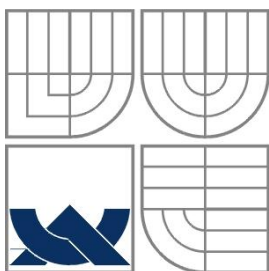
# **Matematický model VRB baterie**

**Daniel Korniak**

**vedoucí: Ing. Lukáš Radil.**

**Ústav elektroenergetiky, FEKT VUT v Brně, 2013**

**Brno**



**BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY**



**Faculty of Electrical Engineering and Communication**

**Department of Electrical Power Engineering**

**Master's Thesis**

# **Mathematical model of VRB battery**

**by**

**Daniel Korniak**

**Supervisor: Ing. Lukáš Radil**

**Brno University of Technology, 2013**

**Brno**

## ABSTRAKT

Tato práce se v úvodu věnuje představení jednotlivých technologií pro skladování elektrické energie, jejich stručnému popisu a vystihnutí hlavních výhod a nevýhod. Po této kapitole následuje porovnání jednotlivých technologií z hlediska účinnosti, vybíjecího času a ceny 1kWh. Další část je zaměřena na elektrochemický model VRB baterie, kde jsou popsány rovnice popisující chování baterie v závislosti na jeho chemických a elektrických vlastnostech. V předposlední kapitole jsem představil jazyk objektově orientovaný modelovací jazyk Modelica a nejběžnější programy, které s ním pracují včetně krátkého úvodu do modelování v programu MathModelica. Poslední část se zabývá modelování konkrétní VRB baterii, kterou máme na ústavu.

**KLÍČOVÁ SLOVA:** Akumulace elektrické energie, Průtokové baterie, Vanad-redox baterie, Elektrochemický model VRB baterie, Modelování baterie, Modelica, OpenModelica, MathModelica, System Modeler,

## **ABSTRACT**

This work is in the introduction focused on the introduction of technologies for electrical energy storage, their description and capturing the main advantages and disadvantages. After this capture follows comparison of the various technologies in terms of efficiency , discharge time and the price for1 kWh . Following section focuses on electrochemical model VRB batteries , which describes the equations describing the behavior of a battery depending on the chemical an electrical properties . In the penultimate chapter, I introduced the language of object- oriented modeling language Modelica and the most common programs based on it, including a short introduction for modeling in MathModelica. The last part deals with the modeling of specific VRB battery, which we have at the faculty.

### **KEY WORDS:**

Accumulation of electricity, flow batteries , vanadium- redox battery , electrochemical model of VRB battery , battery modeling , Modelica , OpenModelica , MathModelica , System Modeler ,

## OBSAH

SEZNAM OBRÁZKŮ.....	10
SEZNAM TABULEK .....	12
SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	13
1 ÚVOD .....	14
2 SKLADOVÁNÍ ENERGIE .....	15
2.1 PARAMETRY ZAŘÍZENÍ PRO SKLADOVÁNÍ ENERGIE.....	15
2.2 APLIKACE SYSTÉMŮ SKLADOVÁNÍ ELEKTRICKÉ ENERGIE .....	16
3 TECHNOLOGIE PRO AKUMULACI ELEKTRICKÉ ENERGIE .....	17
3.1 PŘEČERPÁVACÍ ELEKTRÁRNY (PE).....	17
3.1.1 POUŽITÍ PŘEČERPÁVACÍCH ELEKTRÁREN .....	18
3.1.2 NÁKLADY PE .....	18
3.1.3 VÝHODY A NEVÝHODY PE.....	18
3.1.4 BUDOUCNOST PE .....	18
3.2 PNEUMATICKÁ BATERIE -ELEKTRÁRNA NA STLAČENÝ VZDUCH (CAES) .....	18
3.2.1 POUŽITÍ CAES .....	19
3.2.2 NÁKLADY NA CAES .....	19
3.2.3 VÝHODY A NEVÝHODY CAES .....	19
3.3 AKUMULÁTORY.....	20
3.3.1 OLOVĚNÉ AKUMULÁTORY .....	20
3.3.2 NIKL-KADMIOVÉ AKUMULÁTORY (NiCd) .....	22
3.4 SETRVAČNÍKOVÉ ELEKTRÁRNY.....	23
3.4.1 POUŽITÍ SETRVAČNÍKŮ .....	23
3.4.2 NÁKLADY SETRVAČNÍKŮ.....	24
3.4.3 VLASTNOSTI SETRVAČNÍKŮ.....	24
3.4.4 BUDOUCNOST TECHNOLOGIE SETRVAČNÍKŮ.....	24
3.5 PRŮTOKOVÉ BATERIE .....	25
4 POROVNÁNÍ JEDNOTLIVÝCH TECHNOLOGIÍ.....	25
5 PRŮTOKOVÉ BATERIE .....	28
6 VANAD REDOXOVÁ BATERIE (VRB) .....	30
6.1 KONSTRUKCE VRB.....	30
6.2 VLASTNOSTI VRB .....	32
7 ELEKTROCHEMICKÝ MODEL VANAD-REDOX BATERIE .....	35
7.1 KONCENTRACE IONTŮ VANADU.....	35
7.2 KONCENTRACE PROTONŮ .....	36
7.3 VNITŘNÍ ZTRÁTY .....	36
7.4 STAV NABITÍ BATERIE .....	36
7.5 ELEKTROCHEMICKÝ MODEL .....	37
8 SOFTWARE PRO MODELOVÁNÍ BATERIE .....	38



<b>8.1 MODELICA</b>	<b>38</b>
8.1.1 MATHMODELICA®	39
8.1.2 SYSTEMMODELER®	39
8.1.3 OPENMODELICA®	40
8.1.4 MODELICA DYMOLA®	41
8.1.5 JMODELICA®	42
<b>8.2 MODELOVÁNÍ V PROGRAMU MATHMODELICA</b>	<b>42</b>
8.2.1 PŘÍKAZ NOVÝ	44
8.2.2 PROPOJOVÁNÍ BLOKŮ	45
8.2.3 ÚPRAVA MODELU POMOCÍ TEXTOVÉHO EDITORU	45
8.2.4 SIMULACE	46
<b>9 MODELOVÁNÍ BATERIE</b>	<b>47</b>
<b>9.1 MĚŘENÍ NABÍJECÍCH A VYBÍJECÍCH CYKLŮ BATERIE</b>	<b>47</b>
9.1.1 VÝSLEDKY MĚŘENÍ NABÍJECÍHO CYKLU	47
9.1.2 VÝSLEDKY MĚŘENÍ VYBÍJECÍHO CYKLU	49
9.1.3 PLÁNOVANÉ MĚŘENÍ	50
<b>9.2 MODELOVÁNÍ MODELU VRB BATERIE</b>	<b>51</b>
9.2.1 SCHÉMATA JEDNOTLIVÝCH MODELŮ	54
9.2.2 SCHÉMA PRO NABÍJENÍ	55
9.2.3 SCHÉMA MODELU PRO VYBÍJENÍ	56
9.2.4 SCHÉMA MODELU PRO CYKLUS KONTINUÁLNÍHO NABÍJENÍ A VYBÍJENÍ	57
<b>10 VÝSLEDKY SIMULACÍ</b>	<b>58</b>
<b>10.1 NABÍJENÍ BATERIE</b>	<b>58</b>
<b>10.2 VYBÍJENÍ BATERIE</b>	<b>60</b>
<b>11 NÁVRH SOFTWAREOVÉHO ŘÍZENÍ A OCHRAN BATERIE</b>	<b>62</b>
<b>12 ZÁVĚR</b>	<b>63</b>
12.1 SOUČASNÝ STAV	63
12.2 SHRnutí NOVÝCH VĚDECKÝCH POZNATKŮ PRÁCE	63
12.3 ZÁVĚRY PRÁCE A JEJÍ PŘÍNOS	63
12.4 NÁVRH DALŠÍHO POSTUPU	64
<b>POUŽITÁ LITERATURA</b>	<b>65</b>
<b>PŘÍLOHA A - ZMĚŘENÉ HODNOTY PŘI NABÍJENÍ BATERIE</b>	<b>67</b>
<b>PŘÍLOHA B – ZMĚŘENÉ HODNOTY PŘI VYBÍJENÍ BATERIE</b>	<b>69</b>
<b>PŘÍLOHA C – VÝSLEDKY SIMULACE PRO NABÍJENÍ</b>	<b>72</b>
<b>PŘÍLOHA D – ZDROJOVÝ KÓD MODELU PRO VYBÍJENÍ</b>	<b>93</b>
<b>PŘÍLOHA E - ZDROJOVÝ KÓD MODELU PRO NABÍJENÍ</b>	<b>99</b>

## SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 Princip funkce CAES [19] .....	19
Obrázek 2 Olověný akumulátor [16] .....	21
Obrázek 3 Setrvačnick firma Beacon power [2] .....	24
Obrázek 4 Závislost vybití času na instalovaném výkonu jednotlivých technologií [1] .....	25
Obrázek 5 Přehled technologií s údaji o účinnosti a životnosti [1] .....	26
Obrázek 6 Porovnání technologií v závislosti ceny na 1 kWh a na 1 kW instalovaného výkonu [1] .....	27
Obrázek 7 Schéma Bromid- polysulfid průtokové baterie [11] .....	29
Obrázek 8 Důvod zvolení vanadu [8] .....	30
Obrázek 9 Princip činnosti VRB baterie [18] .....	31
Obrázek 10 Složení článku a jejich řazení [8] .....	31
Obrázek 11 Příklad konkrétního řešení zapojení článků [8] .....	32
Obrázek 12 Závislost napětí VRB baterie na stavu nabití [8] .....	33
Obrázek 13 Doba nabíjení a vybití VRB baterie [8] .....	34
Obrázek 14 Ukázka iontových rovnic v článku VRB baterie během nabíjení [12] .....	36
Obrázek 15 Schéma elektrochemického modelu baterie [12] .....	37
Obrázek 16 Ukázka výstupu z modelace- nabíjecí / vybíjecí charakteristika (Christian Blanc and Alfred Rufer) [12] .....	37
Obrázek 17 Porovnání totožného modelu ve dvou modelovacích prostředích [21] .....	39
Obrázek 18 Náhled modelu v programu MathModelica .....	40
Obrázek 19 Náhled modelu v programu SystemModeler .....	40
Obrázek 20 Náhled modelu v programu OpenModelica .....	41
Obrázek 21 Náhled prostředí editoru Mathmodelica .....	43
Obrázek 22 Možnosti při vytváření nového prvku .....	45
Obrázek 23 Změřené závislosti pro nabíjení .....	48
Obrázek 24 Naměřené závislosti pro vybíjení .....	50
Obrázek 25 Základní elektrické schéma VRB baterie .....	52
Obrázek 26 Calculator – ikona prvku .....	54
Obrázek 27 Schéma kalkulátor pro nabíjení .....	55
Obrázek 28 Schéma modelu pro nabíjení .....	55
Obrázek 29 Schéma kalkulátor pro vybíjení .....	56
Obrázek 30 Schéma modelu pro vybíjení .....	56
Obrázek 31 Calculator - schéma prvku .....	57

---

<i>Obrázek 32</i>	<i>Nakonfigurovaný model Mathmodelica VRB baterie pro oba cykly .....</i>	<i>57</i>
<i>Obrázek 33</i>	<i>Porovnání simulovaných a měřených hodnot pro nabíjení baterie.....</i>	<i>60</i>
<i>Obrázek 34</i>	<i>Porovnání simulovaných a měřených hodnot pro vybíjení baterie .....</i>	<i>61</i>

**SEZNAM TABULEK**

<i>Tabulka 1</i> Přehled chemických reakcí na průtokových bateriích [10] .....	28
<i>Tabulka 2</i> Štítkové hodnoty VRB baterií firmy Prudent energy [20] .....	33

**SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK**

$c_{in}$	koncentrace iontů Vanadu na vstupu do článku
$c_{cell}$	koncentrace iontů Vanadu v článku
$c_{out}$	koncentrace iontů Vanadu na výstupu z článku
$c_{tan}$	koncentrace iontů Vanadu v nádrži
$V_{tan}$	velikost nádrže
$N_{tot}$	molární tok elektronů
$b$	ukazatel závislosti na směru reakce
$i$	proud článkem
$c_{H^+}$	koncentrace protonu v elektrolytu
$U_{ztrát}$	vnitřní ztráty napětí na článku
$U_{eq}$	potenciální napětí článku
$S_{oc}$	Stav nabití
$U_c$	Napětí článku
$U_E$	Referenční napětí baterie
$R$	Vnitřní odpor baterie
$T$	Konstanta určující vliv teploty na parametry baterie
$F$	Faradayova konstanta
$R_{resistive}$	Odpor baterie
$R_{resistive\ loose}$	Odpor respektující rezistivní ztráty v baterii
$R_{fixed}$	Odpor respektující paralelní ztráty v baterii

# 1 ÚVOD

Myšlenky na skladování energie provázely lidstvo již od prvního vytvoření parního stroje. S nástupem elektřiny nabyly tyto úvahy ještě většího významu. Mezi první velké technologie pro skladování lze zařadit přečerpávací elektrárny, které se začaly objevovat již od roku 1929. Tato zařízení dodnes tvoří důležitý prvek elektrizační soustavy mnoha zemí a jsou nedílnou součástí takřka všech jaderných elektráren. Postupem času se objevili principy přeměňující elektrickou energii na jiné druhy, jako např. kinetickou, potenciální, chemickou nebo další typy.

Nejvíce technologií vzniklo v posledním desetiletí, kdy do tohoto oboru přitékalo velké množství financí a mnoho firem se rozhodlo pustit se do této oblasti i přes možnost velkých finančních rizik. Zvýšení poptávky po těchto technologiích je způsobeno také navýšením podílu obnovitelných zdrojů na výrobě elektrické energie, kdy tyto zdroje mají často problémy s jistou kontinuitou dodávky a vyrábí často rázově velké výkony, které přináší problémy do distribučních sítí, kam bývají tyto zdroje připojeny.

Velké celky schopné akumulace obřího množství energie by mohly nahradit dnešní technologie zajišťující zálohu elektrického výkonu, protože s výstavbou každého většího zdroje je nutné zajistit zálohu tohoto zdroje v případě jeho výpadku. Tento problém budou v blízké budoucnosti řešit také inženýři a odborníci v České republice, jelikož se plánuje výstavba dalších bloků jaderné elektrárny Temelín. Pokud by tedy do několika málo let vznikla nebo byla upravena technologie, jejíž cena by byla srovnatelná s výstavbou přečerpávací elektrárny, mohla by se stát rovnocenným konkurentem dnešních již zavedených přečerpávacích elektráren, pro které docházejí lokality pro výstavbu.

## 2 SKLADOVÁNÍ ENERGIE

Díky závazkům vůči Evropské unii narůstá každým rokem procento instalovaného výkonu obnovitelných zdrojů. Česká republika se zavázala do roku 2020 splnit kvótu výroby elektrické energie z OZ 20% celkové vyrobené elektřiny. Pokud bychom se nebavili o splnitelnosti tohoto cíle, museli bychom se minimálně zabývat vlivem těchto zdrojů na distribuční a přenosové sítě. Mezi hlavní nově stavěné obnovitelné zdroje v našich podmínkách patří hlavně sluneční a větrné elektrárny. Oba zdroje jsou známy nestálou dodávkou energie. Naštěstí se v našich sítích neobjevují takové problémy jako například v sousedním Německu, kde větrné elektrárny přenášejí problémy dokonce i do sítí sousedních zemí a tedy i naší. Připojováním problémových obnovitelných zdrojů přes akumulární zařízení pro elektrickou energii by vedlo ke stabilní dodávce energie a dokonce by i omezilo výkon zálohy výkonu.

Úspory na pořízení technologií by se tedy dali vzít z příspěvků na zálohu výkonu, ale stále je tu ekonomický problém, zdali by tyto prostředky stačili a zda by pořizovací břemeno leželo na provozovatelích sítí nebo na vlastnících elektráren. V případě, že by leželo na vlastnících elektráren by mohlo dojít k neefektivnosti investic a tím i opouštění od plánované výstavby.

Další možnosti, kde by se dalo zajistit množství finančních prostředků, je úspora na výkupních a prodejních cenách elektřiny. Tato možnost se bohužel týká pouze zemí, které mají obrovské množství slunečních nebo hlavně větrných elektráren. Mezi tyto země můžeme zařadit například Německo nebo také Dánsko a mnoho dalších přímořských zemí. Jako příklad si vezmeme Dánsko, které často obchoduje s elektřinou mezi okolními státy Německem, Švédskem a Norskem. Tato země vyrábí obrovské množství energie z větrných elektráren, čímž dochází, že při větrném počasí vyrábí nad spotřebu a musí exportovat za nízké ceny, ale pokud je klidný vítr, je zase nutné importovat za vysoké ceny. Pokud bychom vzali množství exportované a importované energie a vynásobili ji rozdílem ceny oproti tržní ceně v Dánsku, dostali bychom v podstatě zisk za dané období, který by sloužil pro posouzení investice.

Bohužel vzhledem k propojení soustavy s okolními státy je prozatím finančně výhodnější používat princip levného exportu a drahého importu, což prokázalo mnoho studií v Dánsku, Británii, Irsku, Německu a v dalších zemích. Tyto studie však brali v potaz používání stávajících neekologických elektráren, pokud by však docházelo k jejich postupnému rušení a přecházení na ekologické zdroje, mohlo by celá studie efektivnosti obrátit ve prospěch skladování energie.

### 2.1 Parametry zařízení pro skladování energie

V této kapitole si probereme některá základní pojmy označující dané vlastnosti a technické parametry zařízení pro skladování energie [4]:

- Výkonová kapacita
  - udává maximální dodávaný výkon, který je zařízení schopno dodat. Obvykle se uvádí v kW nebo v MW
- Kapacita
  - udává množství energie, které je možné do zařízení uložit. Obvykle se udává v kWh nebo v MWh
- Účinnost zařízení
  - udává poměr mezi energií přivedenou do zařízení a energií získanou zpět. Udává se v procentech

- Doba najetí
  - udává čas za jaký je zařízení schopno dodávat elektrickou energii.
- Vlastní spotřeba
  - udává pokles uložené energie za dané časové období např. den, měsíc, rok. Příkladem je samovybíjení akumulátorů.
- Cyklická životnost
  - udává životnost zařízení měřenou počty cyklů uložení a dodání energie
- Měrná cena
  - udává cenu zařízení na pořízení jedné kWh.
- Nabíjecí poměr
  - udává poměr mezi dobou nabití a vybití, takže pokud se akumulátor nabíjí 5 krát déle než-li se vybíjí, je poměr 5:1

U akumulátorů se ještě udávají následující vlastnosti:

- Hloubka vybití
  - udává procento kapacity baterie, které je dodáno v průběhu cyklu vybíjení baterie
- Paměťový efekt
  - udává vlastnost některých akumulátorů, kdy díky nedostatečnému (částečnému) nabití dochází ke ztrátě kapacity baterie

Mezi pojmy bych zařadil ještě:

- Médium (skladovací médium)
  - Udává po většinou látku, která je nositelem energie, často je to chemická sloučenina, voda (uložené teplo nebo potenciální energie), rotující hmota apod.
- Systém převodu energie
  - Udává technologii, která zajišťuje převod elektrické energie na jiný druh energie např. kinetické, chemické, potenciální apod.

## 2.2 Aplikace systémů skladování elektrické energie

Díky velkému množství různých technologií s často dost odlišnými vlastnostmi je možnost využití rozšířena do mnoha oborů, mezi hlavní oblasti bychom měli zařadit:

- a) Záložní zdroje
- b) Primární zdroje pro zařízení
- c) Stabilizace přenosových a distribučních sítí
- d) Management spotřeby (Vyhlazení křivky spotřeby)
- e) Integrace obnovitelných zdrojů do sítí

Možností využití je samozřejmě mnohem více, toto je však příklad oblastí s nejpalčivějšími problémy v oblasti energetiky.



## 3 TECHNOLOGIE PRO AKUMULACI ELEKTRICKÉ ENERGIE

V této kapitole si probereme jednotlivé typy zařízení, hlavně jejich klady a zápory a cenu. V mnohých případech zatím nebylo vyrobeno velké množství kusů, a proto cenu není možné prozatím přesně určit. V případě, že je rozmezí ceny velké, závisí cena na velikosti kapacity zařízení a jejímž růstem cena klesá.

Probrány budou následující technologie skladování elektrické energie:

- A) Přečerpávací elektrárny (PE)
- B) Pneumatická baterie - Elektrárna na stlačený vzduch (CAES)
- C) Akumulátory
  - 1) Olověné akumulátory
  - 2) Nikl-kadmiové akumulátory (NiCd)
- D) Setrvačnickové elektrárny
- E) Vodíkové elektrárny
- F) Flow akumulátory
  - 1) Zinc – Bromid baterie (ZnBr)
  - 2) Polysulphid – Bromid baterie (PSB)
  - 3) Vanad–redox baterie (VRB)

Tento výčet technologií zdaleka neobsahuje všechny dodnes vynalezené technologie a jejich variace, ale jedná se o zařízení s největším potenciálem na praktické využití, nebo jsou již používány.

### 3.1 Přečerpávací elektrárny (PE)

Přečerpávací elektrárny jsou dodnes nejpoužívanější technologií na akumulaci elektrické energie. Jejich výstavba je často spojena s výstavbou zdrojů velkých výkonů, které pracují na plný výkon po většinu roku. Princip této elektrárny spočívá v ukládání energie do potenciální energie vody. Elektrárna se v podstatě skládá ze dvou nádrží s co největším převýšením na co nejkratší trase (velký sklon potrubí) a reverzní turbíny s motorem pracujícím i jako generátor. Voda je tedy čerpána dle potřeby mezi nádržemi, přičemž dolní nádrž může být tok, nebo může dojít k vytvoření obou nádrží pomocí přehrazení jednoho toku. Vzhledem ke vysokým nákladům na výstavbu se však budují pouze pro velké výkony v řádech stovek MW. U nás jako příklad můžeme uvést PE Dlouhé Stráně (650 MW) [14] a PE Dalešice(480 MW)[13].

Nejmodernější PE dnes dosahují účinnosti mezi 70% a 85% a stále se pracuje na jejím zvýšení.

Takřka všechny PE dnes používají sladkou vodu, ale stále častěji vznikají koncepty využívající slanou vodu a to hlavně ve spojení s větrnými elektrárnami, u kterých dochází ke zvýšení účinnosti vypuštěním jednotek pro výrobu elektrické energie.

### 3.1.1 Použití přečerpávacích elektráren

Obrovskou výhodou těchto elektráren je možnost najetí do 10 minut z úplného klidu do plného výkonu nebo do 30 sekund z pohotovostního režimu do plného výkonu. Ve spojení s velkým instalovaným výkonem se jedná o ideální zdroje pro stabilizaci elektrizačních a distribučních soustav. Jak již bylo řečeno její výstavba je často spojena s jadernými elektrárnami a dalšími elektrárnami velkých výkonů, které vyrábějí elektřinu i v době slabé poptávky a tak PE pokrývají svou spotřebou tuto nadbytečnou výrobu. PE také slouží jako záložní zdroje a to hlavně při blackoutu, kdy je nutné najíždět tzv. za tmy.

### 3.1.2 Náklady PE

Pořizovací náklady na přečerpávací elektrárnu se mohou často velmi lišit, jelikož cena velmi závisí na velikosti nádrží, lokalitě, vzdálenosti připojení na síť a dalších technologických požadavcích. Proto se náklady pohybují od 12000 Kč/kW až do 40000 Kč/kW. Samozřejmě u obřích projektů se mohou pořizovací náklady ještě snížit.

### 3.1.3 Výhody a nevýhody PE

Největší nevýhodou PE jsou jejich požadavky na převýšení mezi oběma nádržemi při vysokém spádu. To je požadavek zaměřený hlavně na lokalitu, což bývají většinou hory, které jsou hodně vzdálené od přenosové případně silné distribuční sítě a výstavba v těchto lokalitách má také svá specifika, které výstavbu prodražují. Dalším problémem lokality je umístění v chráněných krajinných oblastech. Navzdory tomu všemu jsou i v naší zemi vytypovány lokality vhodné pro výstavbu.

Velkou výhodou PE je, že vzhledem k velikosti staveb bývají měrné pořizovací náklady na kW instalovaného výkonu nízké oproti jiným technologiím.

### 3.1.4 Budoucnost PE

Jak je vidět např. z plánu Evropské unie, která plánuje výstavbu dalších 7GW instalovaného výkonu v příštích osmi letech, je tato technologie stále žádaná a v oblasti velmi velkých výkonů bezkonkurenčně nejlevnější varianta.

Dalším směrem, kterým se vývoj PE vydává, je využití pro malé výkony do několika jednotek MW. Zatím studie často naráží na pořizovací náklady, takže je nutné nalézt správné určení malých PE, kde by se svým přínosem staly finančně efektivními investicemi.

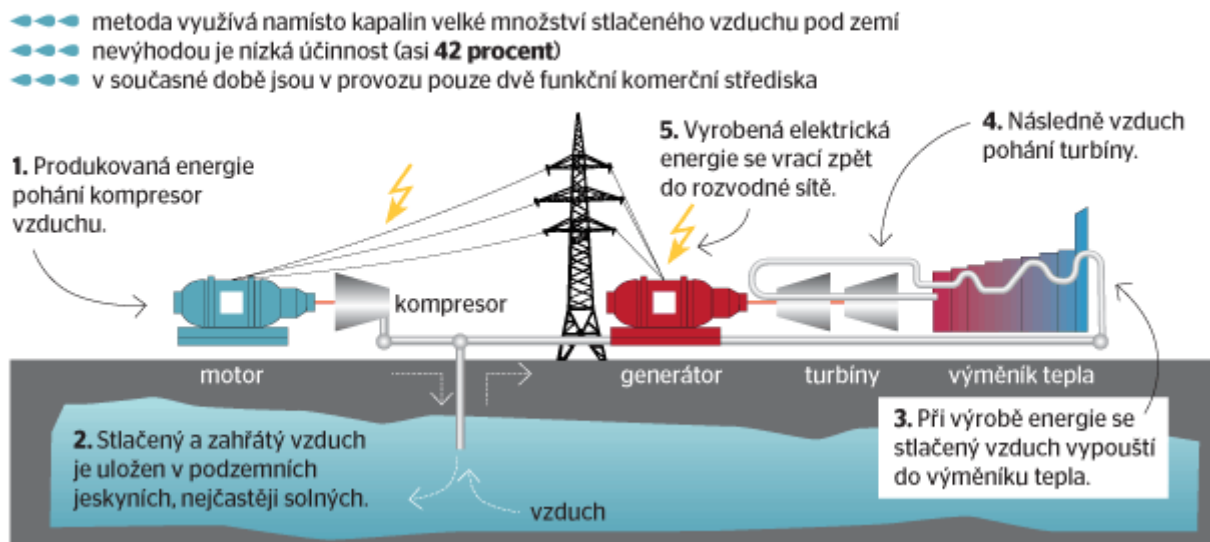
## 3.2 Pneumatická baterie -Elektrárna na stlačený vzduch (CAES)

Jedná se o zařízení pod tlakem stlačující vzduch do podzemních zásobníků s následnou výrobou elektrické energie při jeho vypouštění.

Princip funguje na stlačení okolního vzduchu kompresorem, který by využíval přebytečnou energii v síti. Tento vzduch je stlačen v obrovských podzemních zásobnících, které tvoří buď obří solné jeskyně, nebo uměle vytvořené rezervoáry. Teplo vzniklé kompresí se buď následně využívá, nebo je odváděno do atmosféry. V případě potřeby výroby elektrické energie je stlačený vzduch vypouštěn přes plynovou turbínu po přidání malého množství plynu, který sníží tlak a zvýší teplotu. Cyklus plynové turbíny je totožný s cyklem klasické elektrárny s plynovou turbínou až na to, že se plyn stlačuje pomocí kompresoru poháněného elektřinou.

Vzhledem k použití elektrické energie a přírodního plynu není úplně jednoduché určit účinnost, ale dle odborníků se pohybuje mezi 68% a 75%. Běžný instalovaný výkon bývá mezi 50 MW až 300 MW.[15]

### Skládování energie pomocí stlačeného vzduchu CAES



Obrázek 1 Princip funkce CAES[19]

#### 3.2.1 Použití CAES

CAES by se měl stát adekvátním konkurentem přečerpávacích elektráren, jelikož je tato technologie určená pro výstavbu velmi velkých výkonů. Najetí do plného výkonu je kratší než-li 10 minut při najíždění z nuly. Nejvíce se uvažuje o používání CAES pro velká větrná pole, kde by zabránilo nárazovému zatěžování sítě. Již dnes se plánuje několik velkých projektů, kde by se měla tato technologie vyzkoušet, zda se osvědčí v praxi.

#### 3.2.2 Náklady na CAES

Pořizovací náklady by se měly pohybovat mezi 8500 až 9000 Kč/kW. Avšak tyto náklady jsou silně závislé na velikosti projektu a hlavně na tom, jestli se rezervoár bude uměle vytvářet, nebo se využije již existujících přírodních podzemních rezervoárů (Solných jeskyní). V případě umělého vytvoření rezervoáru by mohly pořizovací náklady rapidně vzrůst.

Provozní náklady by se měly pohybovat mezi 60 až 200 Kč/kWh. Náklady na výstavbu by tedy měly být vyšší než u klasických elektráren s plynovou turbínou, avšak náklady na vyrobenou elektřinu by měly být nižší.

#### 3.2.3 Výhody a nevýhody CAES

Největší nevýhodou této technologie je velká závislost na geografickém umístění. Požadavky jsou, aby byl přírodní rezervoár dostatečně velký, stabilní, a hlavně musí být v dosahu elektrické sítě. Jelikož byly prozatím vystavěny pouze dvě tyto elektrárny, jsou zkušenosti s touto technologií velmi malé.

Vzhledem k malým zkušenostem s touto technologií byla shledána mnoha institucemi jako příliš riskantní.

### 3.3 Akumulátory

Ukládání elektrické energie do tzv. chemických článků později nazývaných baterie nebo akumulátory, patří mezi nejběžnější způsob ukládání energie a to jak z hlediska uložení pro budoucí využití, tak pro možnost použití mobilních zdrojů. První baterie se objevili koncem 19. století jako suché články. Jejich největší rozmach nastal v počátcích 20. století. Po čase se staly baterie nedílnou součástí mnoha elektrických zařízení. Až do 90. let nedošlo v oblasti baterií k velkým pokrokům, ale od 90. let, kdy došlo k velkému rozmachu mobilních zařízení vyžadujících mobilní napájení a tedy i k velkým investicím do vývoje.

Tato zařízení přeměňují elektrickou energii na chemickou. V dnešní době existuje velké množství typů akumulátorů, avšak ne všechny jsou vhodné pro použití na ukládání velkého množství energie a to jak pro svou cenu tak často pro své vlastnosti.

Pro hodnocení jednotlivých akumulátorů se zaměřujeme hlavně na kapacitu baterie udávané v Ah a jejich životnost. Tyto dvě vlastnosti jsou důležité hlavně pro technicko-ekonomické posouzení technologie.

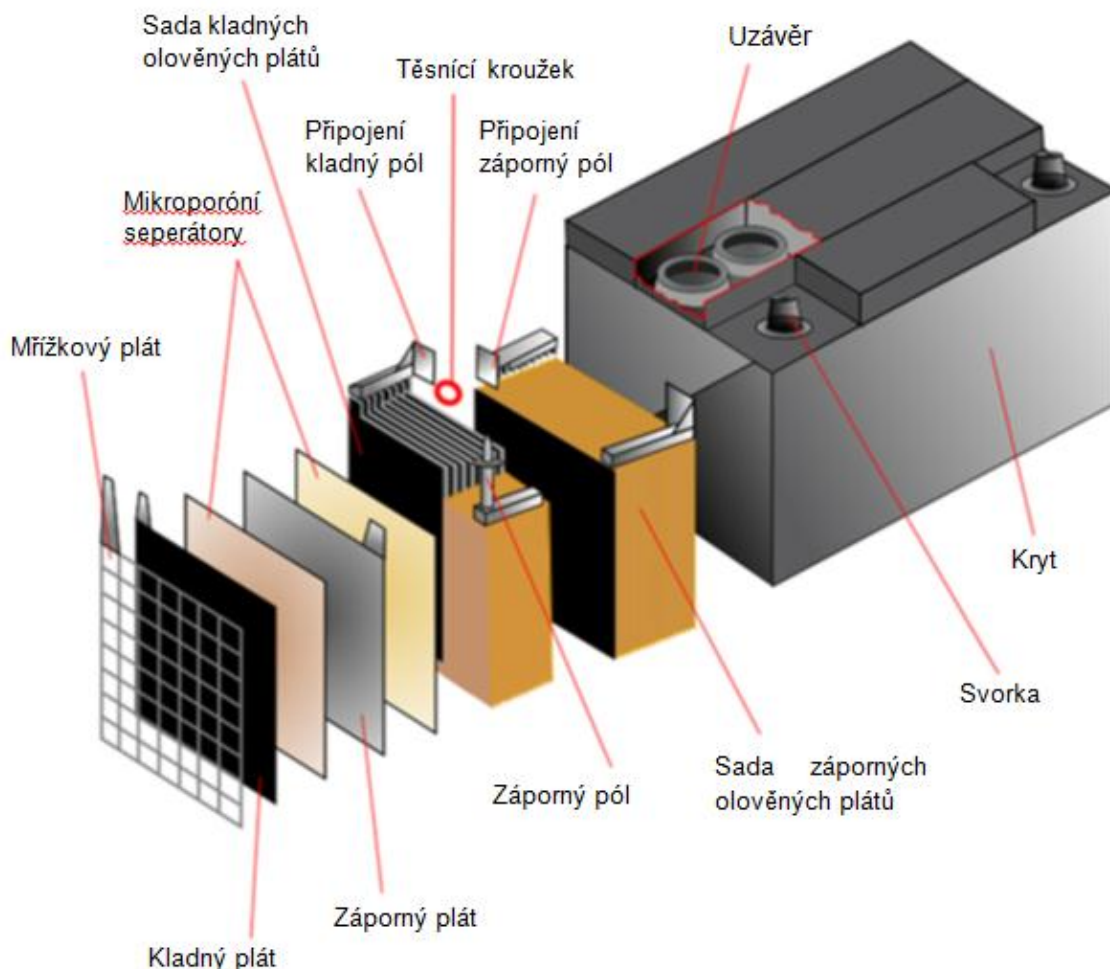
#### 3.3.1 Olověné akumulátory

Tento typ baterie patří doposud k nejpoužívanějším technologiím. Baterie se skládá ze dvou olověných elektrod (desek) ponořených do elektrolytu z kyseliny sírové. Jeden článek je tvořen dvěma deskami a celý akumulátor je tvořen několika články zapojenými do série. Výhodou olověných akumulátorů je jejich nízká cena, spolehlivost a dobrý výkon.

V současnosti existují dva typy olověných akumulátorů.

- a) Klasický akumulátor, který je velice levný, ale má bohužel nízkou životnost od 0,5 do 3 roků. Životnost lze zvýšit použitím uzavřených konstrukcí olověných akumulátorů, které vyžadují zařízení pro cirkulaci elektrolytu, pro zabránění jeho usazování u dna, což vede k poškození elektro a tím i snížení životnosti. To prodlouží životnost baterie na 5 až 15 let.
- b) VRLA akumulátor, který nepoužívá tekutý elektrolyt. Ten je buď nasáknutý v pórech ze skelných vláken nebo je elektrolyt v gelové formě. Tyto akumulátory jsou těsně uzavřené v krytu baterie a je možné je používat v různých polohách. Další velkou výhodou jsou nižší náklady na údržbu, nižší váha i rozměry. Bohužel jsou tyto vlastnosti vykoupeny vyšší cenou a nižší životností.

Kapacita akumulátorů může být zvýšena zvětšením plochy každé elektrody.



Obrázek 2 Olověný akumulátor [16]

### 3.3.1.1 Použití olověných akumulátorů

V základě můžeme rozdělit použití olověných akumulátorů do tří oblastí dle typu provozu.

- Startovací akumulátory – to jsou zařízení, které jsou v krátkém čase schopny dodat velké množství energie a používají se často v automobilech. Tyto akumulátory používají mělký cyklus nabíjení a vybíjení.
- Staniční akumulátory – tato zařízení slouží jako záložní zdroj elektrické energie. Akumulátory jsou stále připojeny do sítě a jsou nabíjeny a v případě na výpadku proudu dodávají energii.
- Trakční akumulátory – tato zařízení slouží hlavně pro napájení dopravních prostředků, jako jsou automobily, vozíky, apod. Tyto akumulátory používají hluboký cyklus nabíjení a vybíjení, což znamená, že dochází k plnému nabití i vybití.

### 3.3.1.2 Náklady olověných akumulátorů

Měrné pořizovací náklady olověných akumulátorů se mohou lišit dle provozních vlastností, ale obecně můžeme říci, že jsou měrné investiční náklady mezi 4000 až 6000 Kč/kW. Pro některé aplikace může být však pořizovací cena mnohem vyšší.

### 3.3.1.3 Vlastnosti olověných akumulátorů

Největší výhodou akumulátorů obecně je schopnost využití plného výkonu v rámci milisekund. Mezi hlavní vlastnosti olověných akumulátorů patří [16]:

- a) Nutnost provozovat akumulátor při provozní teplotě 27°C, změna provozní teploty o pouhých 5°C může snížit životnost baterie až o 50%.
- b) Účinnost bez střídače je mezi 75% až 85%
- c) Životnost akumulátoru je mezi 250 až 1000 cykly dle typu akumulátoru v závislosti na hloubce vybíjení
- d) Nabíjecí poměr je 5:1 a při jehož snížení může dojít k poškození akumulátoru
- e) Nutnost správného nabíjení. Olověné akumulátory těžce snáší přebíjení nebo nedobíjení.
- f) Nemožnost skladovat akumulátor ve vybitém stavu
- g) Nutnost skladovat akumulátory v nabitém stavu a to při pokojové teplotě nebo nižší. Nutnost každých 6 až 9 měsíců baterii dobít

#### 3.3.1.4 Budoucnost olověných akumulátorů

Díky nízké ceně si budou olověné akumulátory vždy držet své místo u specifických aplikací. Díky neustálému vývoji snad v budoucnosti dojde ke snížení nabíjecího poměru, což by umožnilo rozšíření možnosti použití těchto zařízení.

### 3.3.2 Nikl-kadmiové akumulátory (NiCd)

U těchto akumulátorů je jedna elektroda tvořena hydroxidem nikelnatým a druhá kadmíem. Elektrody jsou do sebe odděleny nylonovými separátory a jsou ponořeny do elektrolytu tvořeného hydroxidem sodným. Během vybíjení a nabíjení se mohou vytvářet plyny kyslíku, a proto akumulátor vyžaduje určitou údržbu. Oproti olověným akumulátorům jsou však nároky na tuto údržbu mnohem nižší.

Akumulátory se vyrábí buď v krytém provedení, což jsou klasické nabíjecí baterie, které známe z domácnosti, nebo v provedení s ventilem. V provedení s ventilem je baterie mnohem lehčí, bezpečnější a ekonomicky výhodnější. Bohužel je mnohem robustnější než v krytém provedení.

#### 3.3.2.1 Použití NiCd akumulátorů

NiCd akumulátory s ventilem se hlavně používají v letectví a ve startérech diesela agregátů, kde je nutné dosáhnout velkého měrného výkonu na kilogram. NiCd baterie jsou ideální pro akumulaci energie ze solárních elektráren, protože snesou i vysoké teploty.

#### 3.3.2.2 Náklady NiCd akumulátorů

Měrné pořizovací náklady NiCd akumulátorů se pohybuje okolo 12000 Kč/kW. Oproti olověným akumulátorům však mají nižší náklady na údržbu.

#### 3.3.2.3 Vlastnosti NiCd akumulátorů

Tato technologie vyřešila problémy olověných akumulátorů v oblasti skladování ve vybitém stavu a odolnost vůči hlubokému vybití. Nejčastěji je tento akumulátor srovnáván s olověným.

Mezi hlavní vlastnosti NiCd akumulátorů patří [16]:

- a) Možnost provozovat akumulátor při provozní teplotě až 50°C, změna provozní teploty nemá tak devastující účinky jak u olověného akumulátoru
- b) Účinnost bez střídače je mezi 60% až 70%
- c) Životnost akumulátoru je až 3500 cyklů dle typu akumulátoru v závislosti na hloubce vybíjení. Časově se udává životnost mezi 10 a 15 lety.

- d) Možnost skladovat akumulátory ve vybitém stavu
- e) Možnost nabíjení vyššími proudy a vyšší odolnost na přebíjení a podbíjení.
- f) Velký rozdíl mezi vybíjecím a nabíjecím napětím, nemožnost měření hustoty nabití pomocí hustoty elektrolytu
- g) Vyšší samovybíjení, které je 2-5% za měsíc při pokojové teplotě (U olověných akumulátorů je to asi 1%)
- h) Paměťový efekt, kdy při částečném dobíjení dochází ke snižování kapacity akumulátoru.

Největší nevýhodou je škodlivost kadmia životnímu prostředí a tedy vznik problémů při likvidaci baterií.

#### 3.3.2.4 Budoucnost NiCd akumulátorů

U NiCd akumulátorů je predikována budoucnost podobně jako u olověných akumulátorů, tedy, že zůstanou používány ve stávajících aplikacích, kde se využívá jejich vlastností, ale postupem času budou z některých oblastí vytlačovány vhodnějšími technologiemi, které budou řešit aktuální palčivé problémy.

### 3.4 Setrvačnickové elektrárny

Mezi asi nejznámější přeměnu elektrické energie na kinetickou patří setrvačnick. Toto zařízení je v podstatě o jednoduchý rotační stroj skládající se z osy a kola, které má největší hmotnostní podíl rozprostřen po jeho obvodu. Principem funkce setrvačnicku je naakumulování energie do rotující hmoty na okraji rovnoměrně k ose otáčení. Nutností je použití motoru, který může pracovat jako motor při ukládání energie a jako generátor při jejím uvolňování. K vidění jsou dnes jak jednoduché setrvačnické skládající se opravdu pouze s kola a osy, ale také složitě rotační stroje, které pro omezení ztrát třením používají vakuum a uložení v magnetickém poli.

Nejmodernější setrvačnické jsou vysokootáčkové a dosahují okolo 20 000 ot. /min. V případě prototypů je však dosahováno i 100 000 ot. /min. Tyto setrvačnické jsou schopny dodávat energii i delší dobu. V případě malo otáčkových setrvačnicků je maximální čas dodávky energie okolo 120 s.

#### 3.4.1 Použití setrvačnicků

Klasický princip setrvačnicku se často používá u strojů k překonání určité fáze pohybu. Klasickým případem byly parní stroje, které měly často je jeden píst pohybující se tam a zpět, a aby stroj mohl fungovat, bylo nutné překonat fáze, kdy se píst zastavil, a k tomu je využit setrvačnick. V dnešní době se tyto krátkodobé setrvačnické využívají např. pro stabilizaci otáček v elektrárnách. Energie je zde však uložena řádově na několik sekund.

Komerčně se používají setrvačnické hlavně jako UPS. Výdrž bývá od několika sekund až do 20-ti a více hodin.

Setrvačnické by mohlo být možné používat k vyrovnávání poklesů výkonu v distribučních sítích. Vývojem v tomto směru se například zabývá americká společnost Beacon Power, která postavila setrvačnickovou elektrárnu poblíž amerického města Stephentown a plánuje další expanzi. Příklad setrvačnicku od firmy Beacon Power můžete vidět v řezu na obrázku dole.



Obrázek 3 Setrvačnick firmy Beacon power [2]

### 3.4.2 Náklady setrvačnicků

Malo otáčkové setrvačnick mají v dnešní době měrné pořizovací náklady od 4000 do 6000 Kč/kWh a u vysokootáčkových setrvačnicků stoupají až na 500 000 kWh. Vysoká cena vysokootáčkových setrvačnicků je ale příkladem výroby na počátku vývoje a očekává se velký pokles této ceny. Náklady na údržbu jsou minimální.

### 3.4.3 Vlastnosti setrvačnicků

Setrvačnick vynikají svou účinností, která činí u dnešních technologií přes 80%, a také výborným nabíjecím poměrem 1:1. Velkou výhodou je také dlouhá životnost při porovnání s ostatními technologiemi.

Nevýhodou je jejich neuniverzálnost, čímž myslím, že pro konkrétní aplikaci většinou potřebujeme setrvačnick s danými parametry. Například pomaloběžné setrvačnick používáme pouze k překrytí krátkodobých výpadků a naopak vysoko rychlostní setrvačnick mohou skladovat energii po dlouhou dobu. Setrvačnick také nejsou schopné skladování energie po dlouhou dobu např. měsíců, jako baterie.

Největší překážkou v rozšíření setrvačnicků je však prozatím vysoká cena a další vícenáklady při budování, jelikož je nutné vysokootáčkové setrvačnicku umístit pod zem, jelikož by při uvolnění při 25000 otáčkách mohlo dojít k naprosté devastaci okolních zařízení.

### 3.4.4 Budoucnost technologie setrvačnicků

Pomaloběžné setrvačnick mají své nezastupné místo v určitých aplikacích jako třeba provoz velkých generátorů a jejich zastoupení jinou technologií zatím není předmětem mnoha studií. Naproti tomu o vysokootáčkové setrvačnick se zajímá mnoho kapacit a ročně se do výzkumu investují velké částky. Již dnes tvoří trh se setrvačnick 20% z miliardy dolarů, která je ročně utracena v oblasti UPS. Jak již ale bylo zmíněno velký rozvoj můžeme očekávat v oblasti výkonové stabilizace přenosových a distribučních soustav.

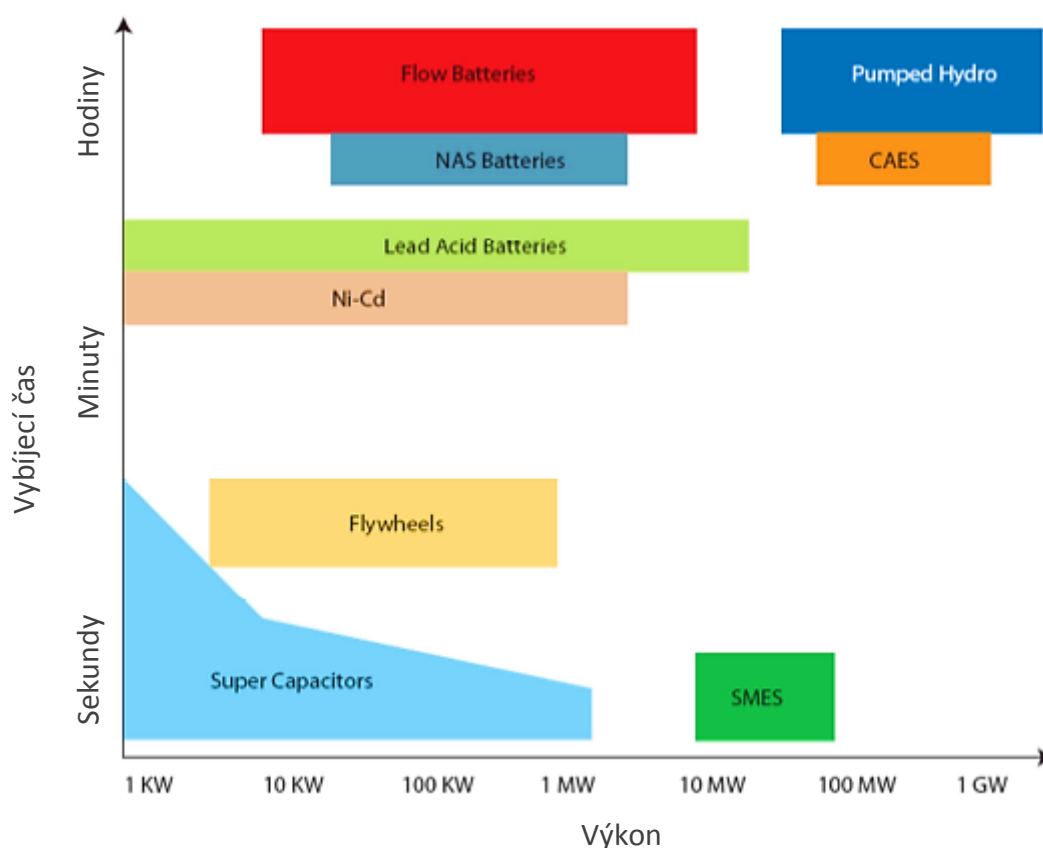


### 3.5 Průtokové baterie

Jedná se technologii ukládající elektrickou energii na chemickou. Princip spočívá v pumpování dvou elektrolytů přes článek, na němž se uvolňuje elektrická energie. Konkrétněji si tuto technologii popíšeme v následující kapitole.

## 4 POROVNÁNÍ JEDNOTLIVÝCH TECHNOLOGIÍ

V této kapitole bychom si ukázali několik grafů porovnávajících jednotlivé technologie dle zadaných parametrů a to vybíjecí čas, efektivita a životnost a poslední dle ceny na 1 kWh kapacity.



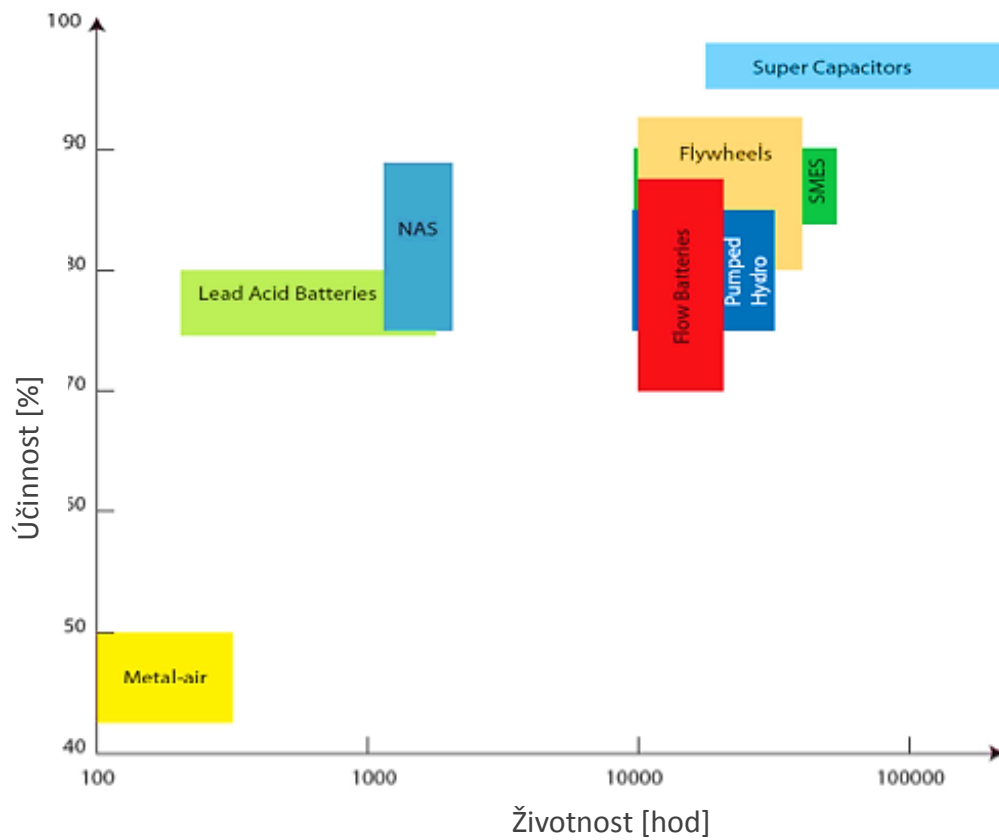
Obrázek 4 Závislost vybíjecího času na instalovaném výkonu jednotlivých technologií [1]

Jak je vidět na obrázku nahoře, tak průtokové baterie dokáží akumulovat velké množství energie, které poté dokáží dodávat po dlouhou dobu. Právě tato vlastnost činí průtokové baterie ideálními pro skladování energie v distribučních soustavách a pro elektrárny s obnovitelnými zdroji.

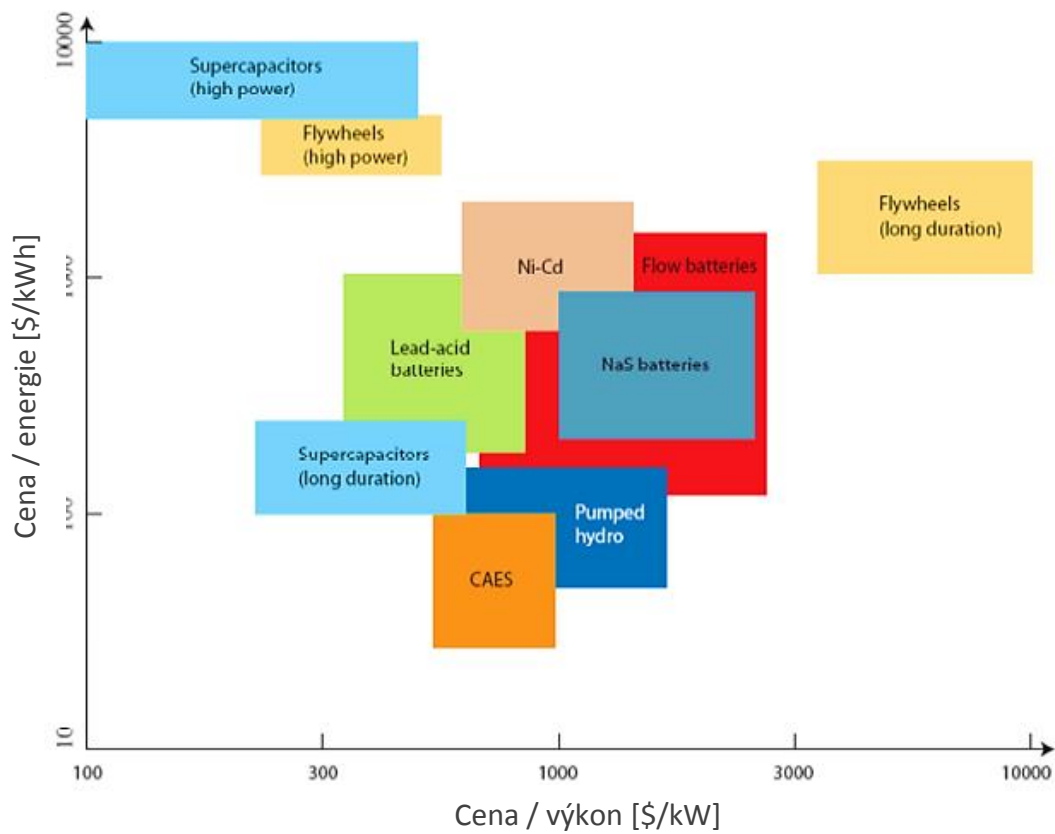
Na obrázku 15 je vidět jeden ze dvou v podstatě ekonomických ukazatelů. Průtokové baterie vynikají svou dlouhou životností, kdy za správného provozu může být po skončení životnosti stále ještě využit elektrolyt, který se neznechodňuje. Co se týče parametrů životnosti a účinnosti jsou na tom průtokové baterie podobně jako setrvačníky a vodíkové elektrárny.

V oblasti investičních nákladů jsou na tom průtokové baterie hůře v oblasti ceny za instalovaný výkon a podobně v ceně za kapacitu nežli ostatní běžně používané akumulátory. Zde

je však potřeba vzít v potaz, že v porovnání se stávajícími technologiemi se předpokládá postupné snižování ceny.



Obrázek 5 Přehled technologií s údaji o účinnosti a životnosti [1]



Obrázek 6 Porovnání technologií v závislosti ceny na 1kWh a na 1kW instalovaného výkonu[1]

## 5 PRŮTOKOVÉ BATERIE

Průtokové baterie originálně nazývané FLOW baterie byly vytvořeny hlavně za účelem ukládání velkých množství elektrické energie. S nárůstem obnovitelných zdrojů energie v distribučních a přenosových sítích začalo docházet ke stále větším problémům v sítích v důsledku nekontinuální dodávky energie těchto zdrojů. Podle odborníků je hranicí množství obnovitelných zdrojů s nekontinuální dodávkou energie pouze 20% a za touto hranicí by mohlo docházet k destabilizaci sítě. Tento fakt se samozřejmě nejspíše netýká České republiky, avšak například v přímořských zemích s velkým množstvím větrných elektráren se to stává palčivým problémem.

Průtokové baterie také aspirují na to stát se moderním zdrojem pro záložní systémy. Dle dosavadních výsledků splňují velké množství požadavků, jaké jsou kladeny na zdroje s velkou kapacitou vhodné pro použití ve veřejných sítích jako např. velké množství vybíjecích / nabíjecích cyklů, dlouhá životnost, minimální poměr mezi energií dodanou při nabíjení a získanou při vybíjení a hlavně také schopnost okamžité dodávky energie v rámci několika desítek milisekund.

Principem průtočné baterie je použití elektrolytu, v němž je energie, který je čerpán přes články, na nichž je buď dodávána nebo odebírána energie. Základem funkce akumulátoru jsou vratné elektrochemické reakce vznikající mezi dvěma elektrolyty. Vlastností těchto elektrolytů musí být možnost existence prvků elektrolytu ve více valenčních uspořádáních. Jako elektrolyt se používají roztoky z vanadu, zinku nebo sodíku.

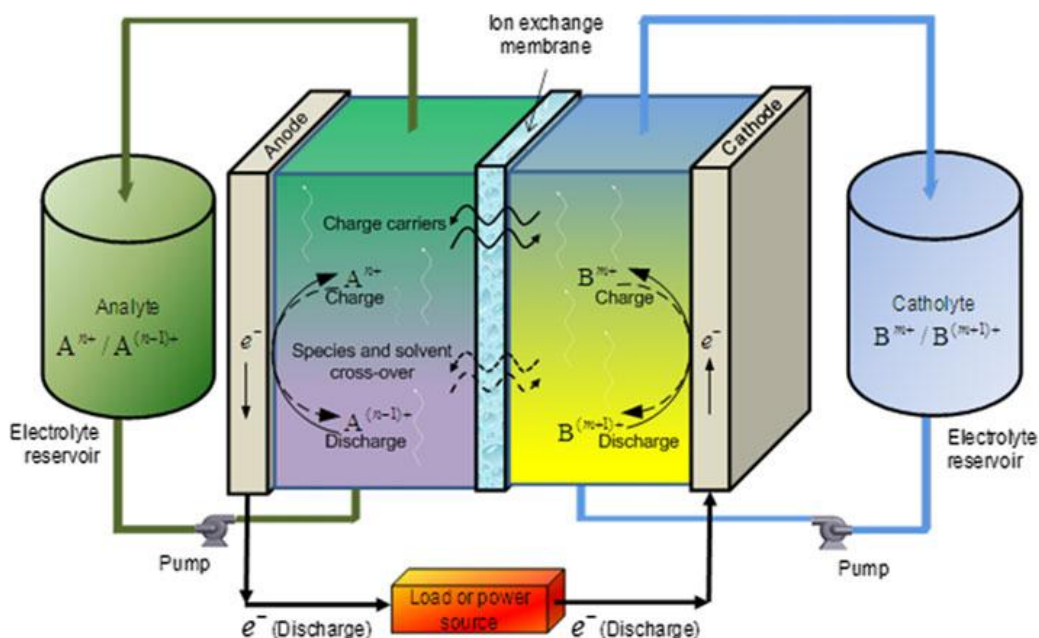
Table 1. Characteristics of Some Flow Battery Systems.			
System	Reactions	$E_{cell}^{\circ}$	Electrolyte
Redox			Anode/Cathode
All Vanadium <sup>3</sup>	Anode: $V^{2+} \xrightleftharpoons{\text{charge}} V^{3+} + e^{-}$ Cathode: $VO_2^{+} + e^{-} \xrightleftharpoons{\text{discharge}} VO^{2+}$	1.4 V	$H_2SO_4/H_2SO_4$
Vanadium-Polyhalide <sup>5</sup>	Anode: $V^{2+} \xrightleftharpoons{\text{charge}} V^{3+} + e^{-}$ Cathode: $\frac{1}{2} Br_2 + e^{-} \xrightleftharpoons{\text{discharge}} Br^{-}$	1.3 V	$VCl_3\text{-}HCl/NaBr\text{-}HCl$
Bromine-Polysulfide <sup>6</sup>	Anode: $2 S_2^{2-} \xrightleftharpoons{\text{charge}} S_4^{2-} + 2e^{-}$ Cathode: $Br_2 + 2e^{-} \xrightleftharpoons{\text{discharge}} 2 Br^{-}$	1.5 V	$NaS_2/NaBr$
Iron-Chromium <sup>7</sup>	Anode: $Fe^{2+} \xrightleftharpoons{\text{charge}} Fe^{3+} + e^{-}$ Cathode: $Cr^{3+} + e^{-} \xrightleftharpoons{\text{discharge}} Cr^{2+}$	1.2 V	$HCl/HCl$
$H_2\text{-}Br_2$ <sup>8</sup>	Anode: $H_2 \xrightleftharpoons{\text{charge}} 2H^{+} + 2e^{-}$ Cathode: $Br_2 + 2e^{-} \xrightleftharpoons{\text{discharge}} 2Br^{-}$	1.1 V	PEM <sup>*</sup> -HBr
Hybrid			
Zinc-Bromine	Anode: $Zn \xrightleftharpoons{\text{charge}} Zn^{2+} + 2e^{-}$ Cathode: $Br_2 + 2e^{-} \xrightleftharpoons{\text{discharge}} 2 Br^{-}$	1.8 V	$ZnBr_2/ZnBr_2$
Zinc-Cerium <sup>9</sup>	Anode: $Zn \xrightleftharpoons{\text{charge}} Zn^{2+} + 2e^{-}$ Cathode: $2Ce^{4+} + 2e^{-} \xrightleftharpoons{\text{discharge}} 2Ce^{3+}$	2.4 V	$CH_3SO_3H$ (both sides)

Tabulka 1 Přehled chemických reakcí na průtokových bateriích [10]

Technické řešení akumulátoru spočívá v použití dvou oddělených okruhů obsahující pozitivní a negativní elektrolyt, které jsou v akumulátorovém článku odděleny pouze iontovou membránou. Membrána zabraňuje smíchání obou elektrolytů a umožňuje přechod iontů. Při čerpání elektrolytů přes článek s membránou dochází k oxidaci jednoho elektrolytu a redukci druhého. Při této reakci dochází ke vzniku proudu, který je odváděn přes elektrody do obvodu. Výhodou tohoto systému je, že je možné tuto reakci obrátit a tímto způsobem baterii nabíjet. Na obrázku dole je vidět princip funkce průtokové baterie.

Umístění elektrolytů v oddělených nádobách zabraňuje samovybíjení, které probíhá pouze u zbytku elektrolytů v článku, což je zanedbatelné množství. Tabulka 1 ukazuje chemické reakce na některých typech průtokových baterií.

Kapacita průtokových baterií se jednoduše navyšuje zvětšením nádrží na elektrolyty. To je také jeden z faktorů, který může této technologii v prosazení, protože budoucí rozšíření již není tak nákladné.



Obrázek 7 Schéma Bromid- polysulfid průtokové baterie[11]

Největšími zápory těchto baterií je náročnost sekundárních systémů a nároků na pumpy, senzory apod. Tím se stává vhodná pouze pro velké aplikace, kde se cena těchto prvků promítne do měrných pořizovacích nákladů menším dílem, jelikož cena tohoto vybavení je v podstatě stejná pro velký rozsah výkonu.

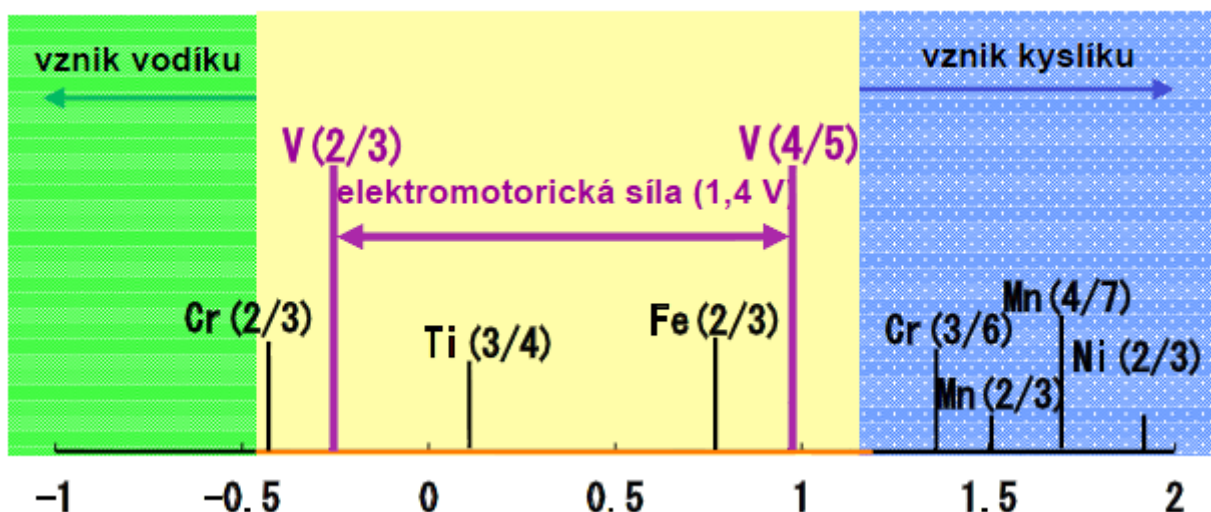
Průtokových baterií je několik typů a největšího vývoje zatím dosáhly asi Zink-Bromid a Vanad-redox baterie, kterou se budeme zabývat, jelikož máme k dispozici model od firmy Prudent energy.

## 6 VANAD REDOXOVÁ BATERIE (VRB)

Tento typ průtokové baterie využívá principu reakce dvou forem Vanadu v kyselině sírové na každé elektrodě, na záporné elektrodě  $V^{2+}$ ,  $V^{3+}$  a na kladné elektrodě  $V^{4+}$ ,  $V^{5+}$ .

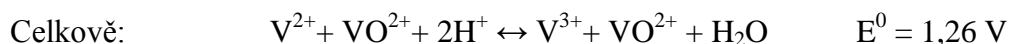
Při nabíjení se na pozitivní elektrodě mění tetravalentní  $VO^{2+}$  mění na pentavalentní  $VO_2^{+}$ , zatím co na negativní elektrodě se trivalentní  $V^{3+}$  mění na  $V^{2+}$ . Vodíkové ionty vzniklé na kladné elektrodě během nabíjení prochází skrz membránu směrem k negativní elektrodě pro zachování elektrické neutrality elektrolytu. Elektrická energie je tedy uložena v chemické formě vanadových iontů. Při vybíjení dochází k reverzní reakci. Teoretická elektromotorická síla vanad-redox baterií je  $E^0$ , což je 1,26 V, avšak v praxi články dosahují hodnoty okolo 1,4 V.

Důvod zvolení Vanadu je vidět na následujícím obrázku dole. V těchto excitačních stavech nedochází ke vzniku ani kyslíku ani vodíku, čímž se prodlužuje životnost technologie.



Obrázek 8 Důvod zvolení vanadu [8]

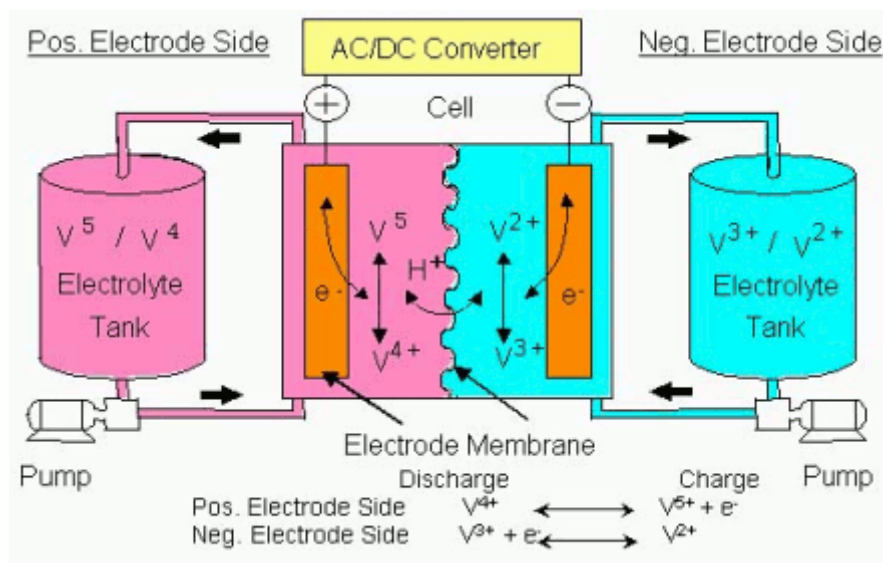
Elektrochemické reakce na elektrodách jsou popsány následovně[9]:



### 6.1 Konstrukce VRB

Zjednodušené řešení VRB baterie je vidět na obrázku dole a jedná se o standardní složení průtokové baterie.

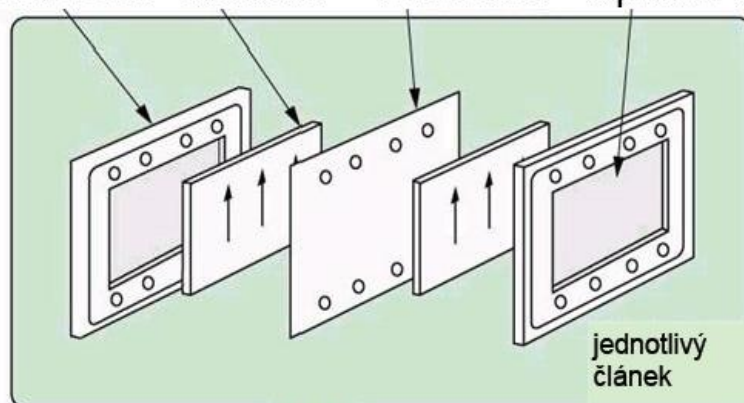




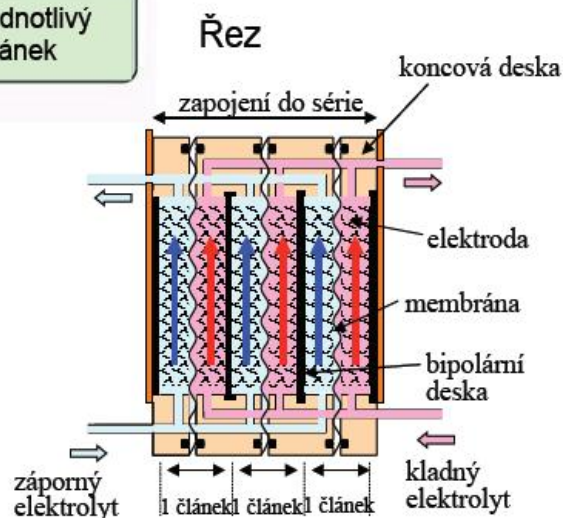
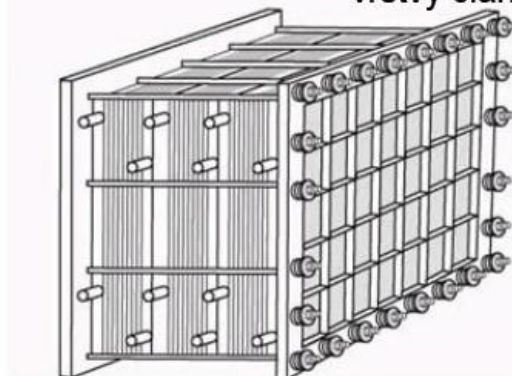
Obrázek 9 Princip činnosti VRB baterie[18]

Jelikož je napětí jednoho článku 1,4 V, je nutné pro dosažení požadovaného napětí řadit několik článků v sérii. Jelikož je nutné připojit velké množství článků, musíme zajistit, aby jejich vnitřní odpor byl co nejnižší.

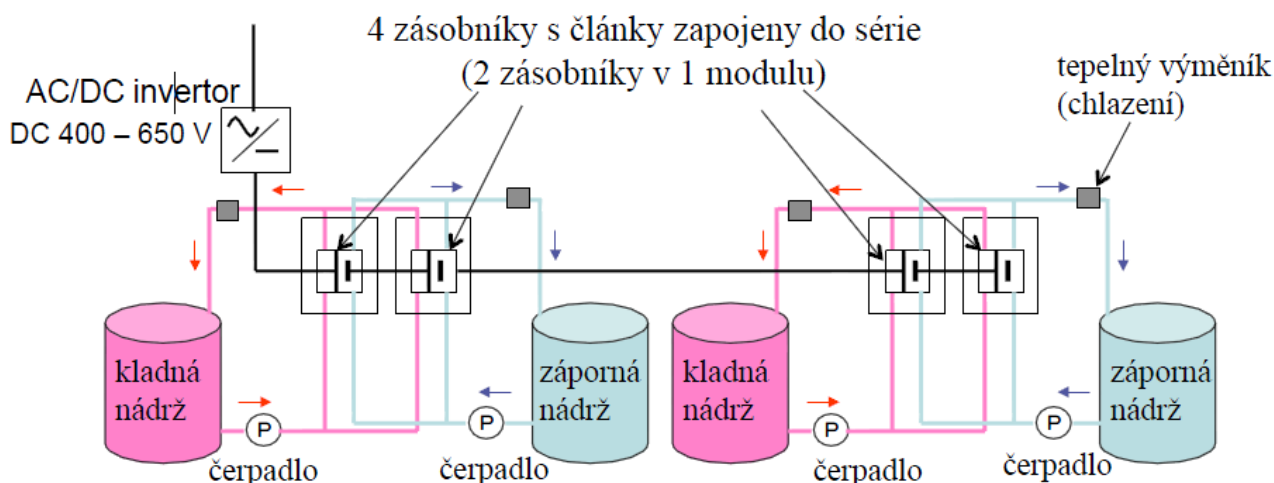
koncová deska elektroda membrána bipolární deska



vrstvy článků



Obrázek 10 Složení článku a jejich řazení[8]



Obrázek 11 Příklad konkrétního řešení zapojení článků[8]

U sériového řazení se ukazuje výhoda průtokových baterií v porovnání s klasickými chemickými články, jako jsou olověné akumulátory. Nabití jednotlivých článků průtokové baterie se automaticky sjednotí ve všech člancích. Jeden monitorovací článek je potom schopen přesně měřit stav nabití a během nabíjení. U klasických článků dochází vlivem rozdílného samovybíjení jednotlivých článků k výkyvům ve stavu nabití. Také není možné změřit stav nabití jednotlivých článků.

## 6.2 Vlastnosti VRB

Mezi charakteristické vlastnosti vanad-redox baterií patří[9]:

- 1) Princip chemické reakce při nabíjení a vybíjení je jednoduchá změna ve valenční vrstvě Vanadia a zajišťuje tím dlouhou životnost média (elektrolytu)
- 2) Výstupní napětí (články) a kapacita baterie (nádrže) jsou na sobě takřka nezávislé a proto je možné přizpůsobit baterii jednotlivým potřebám aplikací
- 3) Údržba je jednoduchá a to hlavně díky použití stejných elektrolytů v obou nádržích a tak není nutné měřit stav nabití. Chlazení lze provádět jednoduše v protékajícím elektrolytu.
- 4) Díky oddělenému skladování obou elektrolytů nedochází k samovybíjení až na oblast článku, což je zanedbatelná hodnota.
- 5) VR baterie je schopna absorbovat nepravidelné, krátkodobé výstupní změny, jelikož mají konstantní dobu reakce v rámci milisekund.
- 6) Elektrolyt je ekologický, protože v průběhu času nedochází k jeho degradaci a může tak být opětovně používán.

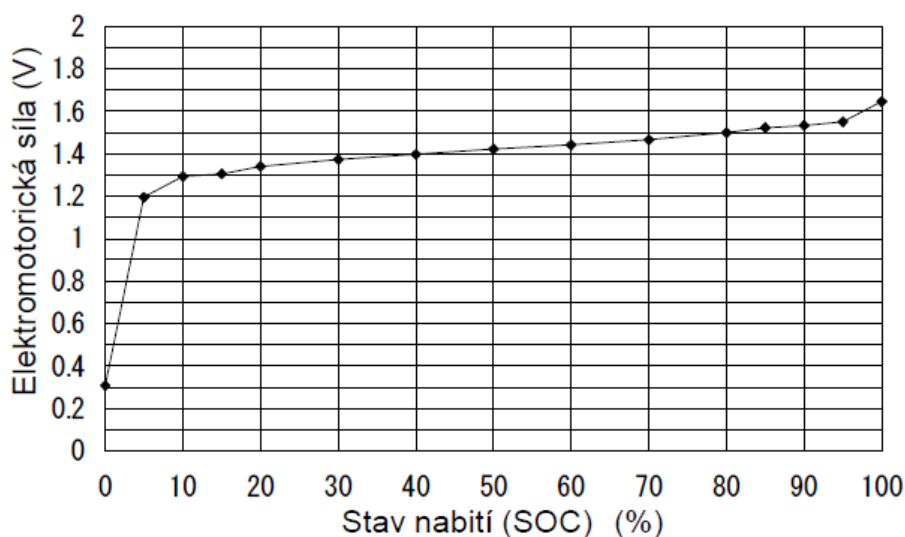
V následující tabulce můžeme nalézt štítkové hodnoty VRB baterií firmy Prudent Energy. Tyto hodnoty nám udávají základní vlastnosti zařízení.



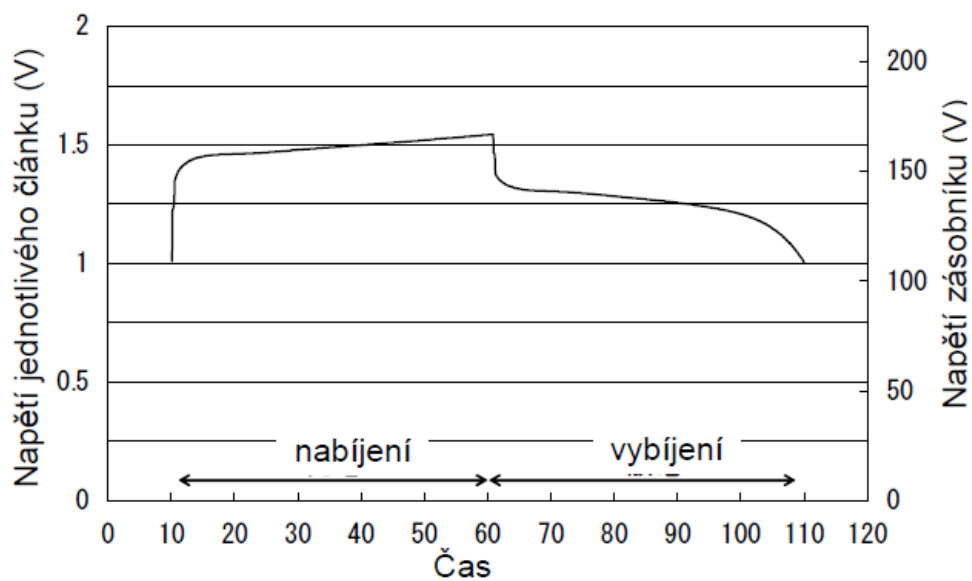
<b>Elektrické vlastnosti</b>	
Napětí na otevřených kontaktech při 0% a 100% nabití	50 až 56 VDC
Maximální nabíjecí napětí	58,9 VDC
Minimální nabíjecí napětí	42 VDC
Maximální vybíjecí proud (Dlouhodobý)	140 A
Maximální vybíjecí proud (Krátkodobý < 300s)	175 A
Výkon na začátku vybíjení	7,0 kW
Výkon na konci vybíjení	5,25 kW
Hloubka vybití	100%
<b>Fyzické vlastnosti</b>	
Rozměry (výkonový modul) HxŠxV	1,0 m x 1,2m x 1,1 m
Rozměry (výkonový modul a 40 kWh kapacita) HxŠxV	1,3 m x 1,15m x 1,9 m
Váha (výkonový modul)	510 kg
Váha (výkonový modul a 40 kWh kapacita)	5 300 kg
<b>Provozní limity</b>	
Rozsah teplot elektrolytu	10 °C až 35 °C
Vlhkost prostředí	0% až 95% bez kondenzace
Nadmořská výška	0 až 3000 m.n.m.
<b>Spolehlivost</b>	
Počet cyklů	10 000 cyklů
Životnost	100 000 hodin
<b>Údržba</b>	
Interval údržby A	9 000 hodin (< 2hodin)
Interval údržby A	27 000 hodin (< 8 hodin)
Životnost	90 000 hodin

Tabulka 2 Štítkové hodnoty VRB baterií firmy Prudent energy [20]

Mezi základní vlastnosti baterií obecně patří hlavně závislost napětí na stavu nabití a poměr doby nabíjení a vybíjení. Na následujících dvou obrázcích jsou příslušné charakteristiky pro VRB baterii formy Sumito Electric. Baterie se skládala ze 108 článků a byla nabíjena a vybíjena konstantním proudem  $70\text{mA}/\text{cm}^2$  při ploše elektrod  $5000\text{ cm}^2$  na článek.



Obrázek 12 Závislost napětí VRB baterie na stavu nabití [8]



Obrázek 13 Doba nabíjení a vybíjení VRB baterie[8]

Bližšímu popisu funkce baterie, elektrochemickým reakcím a dalším jevům během provozu baterie se budeme věnovat v následující kapitole, kde si popíšeme zásadní elektrochemické reakce důležité pro vytvoření modelu VRB.

## 7 ELEKTROCHEMICKÝ MODEL VANAD-REDOX BATERIE

Většina elektrochemických vztahů se řídí rovnovážností napětí. Abychom tedy vytvořili elektrochemický model VRB baterie je nutné si popsat, jak se liší koncentrace vanadu v jednotlivých provozních stavech baterie.

### 7.1 Koncentrace iontů Vanadu

Během redoxních reakcí se buď spotřebovávají, nebo vytváří protony  $H^+$  a vytváří se vanadové ionty. V důsledku toho se mění koncentrace iontu v elektrolytu v závislosti na typu provozu baterie.

Koncentrace iontů vanadu tedy není homogenní po celém okruhu toku elektrolytu. Z vlastností VRB vyplývá, že se v okruhu nachází celkem 4 stavy koncentrací iontů (koncentrace v nádrži  $c_{tan}$ , na vstupu do článku  $c_{in}$ , v článku  $c_{cell}$  a na výstupu z článku  $c_{out}$ ).

Jelikož je koncentrace mnohem větší v porovnání s ostatními je možné použít zjednodušení a považovat koncentraci v celém okruhu za homogenní a tak koncentrace na vstupu do článku odpovídá koncentraci v nádrži  $c_{tank} = c_{in}$ .

Koncentrace v nádrži odpovídá předchozímu provozu baterie a je přímo úměrná množství Vanadu, který byl zpracován článkem, tedy odpovídá množství elektronů, které se účastnili reakce.  $C_{tan}$  je tedy definovaná původní koncentrací iontů  $c_{tan}^{initial}$ , velikostí nádrže  $V_{tan}$  a molárním tokem elektronů  $N_{etot}$ .

$$c_{in}(t) = c_{tan}(t) = c_{tan}^{initial} + \frac{1}{V_{tan}} \int b N_{etot}(t) dt = c_{tan}^{initial} + \frac{1}{V_{tan}} \int \frac{b}{F} i(t) dt [mol/l] [12] \quad (7.1)$$

kde  $b$  je ukazatel závislý na směru reakce[12]:

$$b = \begin{cases} -1 & \text{pro } V^{2+} \rightarrow V^{5+} \\ 1 & \text{pro } V^{3+} \rightarrow V^{4+} \end{cases}$$

Koncentrace na výstupu z článku  $c_{out}$  se určuje mnohem složitěji, protože je hlavně závislá na průtoku elektrolytu  $Q$ , délce okruhu a proudu  $i$  na elektrickém článku. Jelikož není známo rozložení iontů v článku, uvažujeme, že model nemá paměťový efekt a reaguje přímo na změnu provozních podmínek. V tomto případě koncentrace  $c_{out}$  závisí na molárním toku  $N_{etot}$ , průtoku elektrolytu  $Q$  a vstupní koncentraci  $c_{in}$ .

$$c_{out}(t) = c_{in}(t) + b \frac{N_{etot}(t)}{Q(t)} = c_{in}(t) + \frac{b N_{cel}}{F} \frac{i(t)}{Q(t)} [mol/l] \quad [12] \quad (7.2)$$

Pro ustálené stavy provozu kdy jsou proud článku a průtok téměř konstantní je schopen model celkem přesně určit koncentraci na výstupu. Bohužel není schopen přesně určit tuto hodnotu při přechodných stavech jako je např. kombinace nízkého průtoku a změn proudu článku. Pokud zabráníme těmto stavům, tak se model chová přesně dle reálného chování baterie.

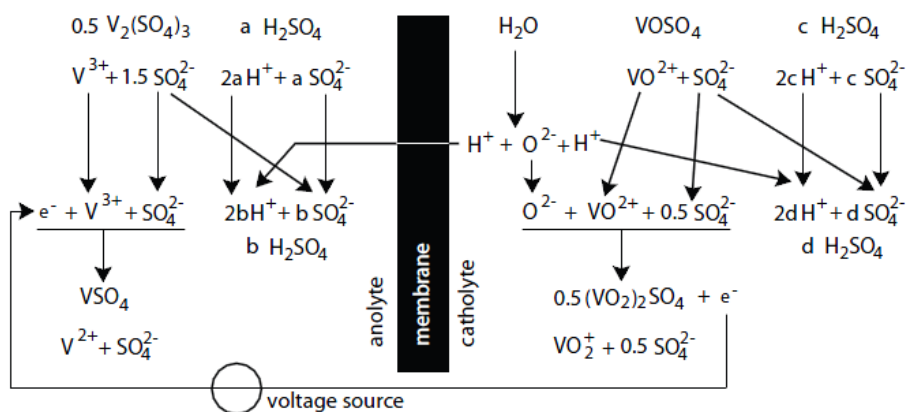
Jako poslední musíme určit koncentraci uvnitř článku  $c_{cell}$ . Vzhledem k tomu, že koncentrace iontů nejsou rovnoměrně rozloženy uvnitř článku, bude nutné provést aproximaci z hodnot  $c_{in}$  a  $c_{out}$ .

$$c_{cell}(t) = \frac{c_{in}(t) + c_{out}(t)}{2} [mol/l] \quad [12] \quad (7.3)$$

## 7.2 Koncentrace protonů

Bohužel pomocí koncentrace iontů Vanadu nelze přesně určit děje v článku baterie, a protože v elektrolytu se nachází také protony  $H^+$  a ionty  $SO_4^{2-}$ , které se sice účastní elektrochemických reakcí v minimální míře, ale jsou důležité. Tyto ionty jsou nazývány specifické ionty a aktivně se neúčastní reakce. Jsou však velmi důležité z hlediska zákona zachování energie u obou elektrolytů.

Kompletní iontové rovnice jsou znázorněny na obrázku dole a jsou vhodné pro pochopení, jak se mění koncentrace  $c_{H^+}$  a proč přechází protony  $H^+$  přechází přes membránu, aby vyrovnaly nabití.



Obrázek 14 Ukázka iontových rovnic v článku VRB baterie během nabíjení[12]

Proto koncentrace protonů v elektrolytu na katodě závisí na složení elektrolytu a mění se s poměrem nabití baterie.

$$c_{H^+} = c_{H^+, vybitý} + c_{VO^{2+}} \quad [M] \quad [12] \quad (7.4)$$

## 7.3 Vnitřní ztráty

V případě, že článkem protéká proud sítě, nejsou rovnovážné podmínky splněny a napětí článku  $U$  je dáno rozdílem hodnoty potenciálního napětí  $U_{eq}$  a vnitřních ztrát  $U_{ztrát}$ . Tyto ztráty bývají často nazývány přepětí a prezentují energii nutnou k dosažení redoxní reakce.

$$U_{ztrát} = \eta_{act}(t) - \eta_{conc}(t) - \eta_{ohm}(t) - \eta_{ion}(t) \quad [V] \quad [12] \quad (7.5)$$

Aktivační a koncentrační přepětí jsou fenoménem elektrody a jsou spojeny s energií potřebnou k započítí nabíjení.

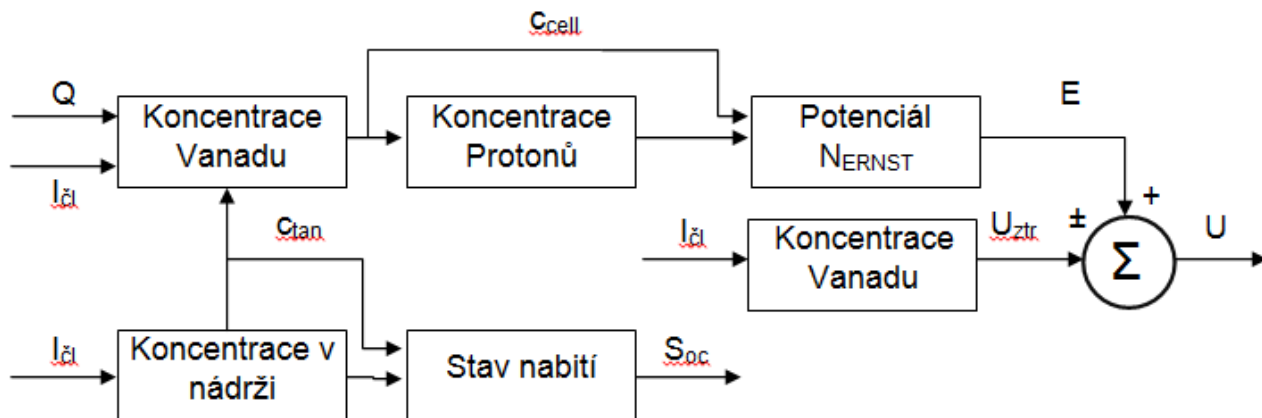
## 7.4 Stav nabití baterie

Stav nabití je popsán rovnicí:

$$S_{oc} = \frac{c_{V^{2+}}}{c_{V^{2+}} + c_{V^{3+}}} = \frac{c_{VO_2^+}}{c_{VO_2^+} + c_{VO_2^{2+}}} \quad [-] \quad [12] \quad (7.6)$$

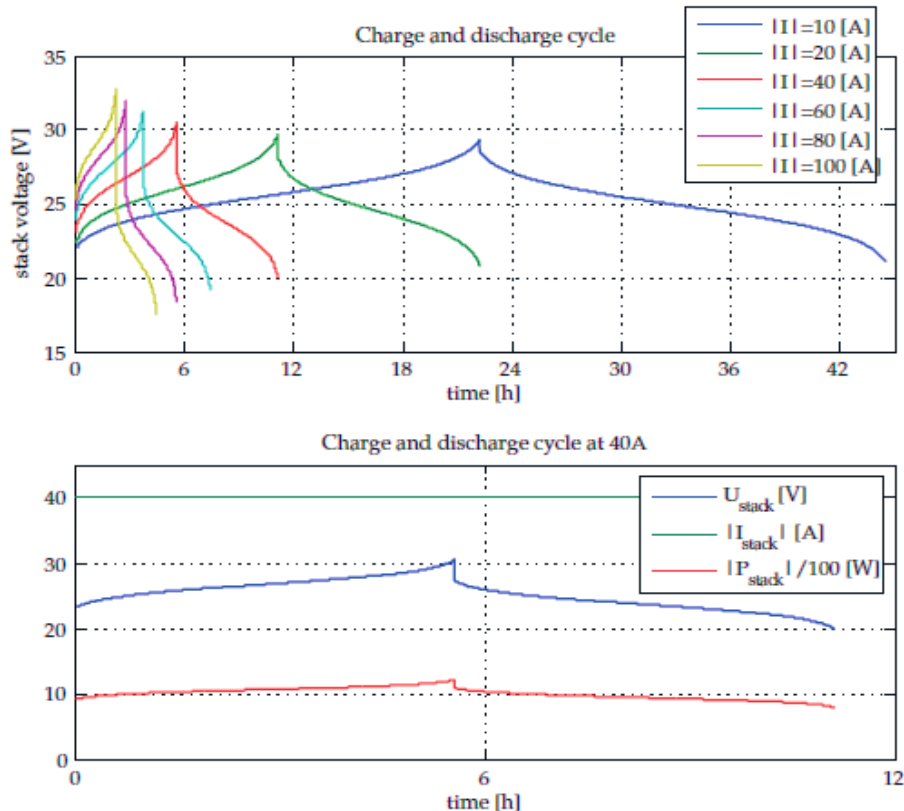
## 7.5 Elektrochemický model

Z principů zmíněných v předchozích kapitolách lze nyní ukázat chování modelu článku a to hlavně chování napětí článku  $U$  v závislosti na provozním stavu VRB baterie, proudu  $I$ , koncentraci Vanadu v článku  $c_{\text{cell}}$ , koncentraci protonů  $c_{\text{H}^+}$ , průtoku  $Q$  a teplotě  $T$  elektrolytu.



Obrázek 15 Schéma elektrochemického modelu baterie [12]

Na základě těchto modelů byly již v minulosti namodelovány nabíjecí a vybíjecí charakteristiky. Na obrázku dole je vidět příklad výstupu z takovéto modelace.



Obrázek 16 Ukázka výstupu z modelace-nabíjecí / vybíjecí charakteristika (Christian Blanc and Alfred Rufer) [12]

## 8 SOFTWARE PRO MODELOVÁNÍ BATERIE

Výběr software pro vytvoření modelu je jedním z velmi důležitých atributů pro dosažení úspěšných výsledků. Dnes se na trhu nachází nepřeberné množství programů, které se ale liší metodami používanými pro výpočet.

Mezi velmi oblíbené programy bych zařadil na naší univerzitě hojně používaný Matlab® a jeho nástavba Simulink®, který mnoho studentů využívá ve svých diplomových pracích. Problém tohoto programu však spočívá v čistě matematickém pojetí řešení simulování a pro účely elektrických simulací je vhodnější zvolit nějaký jinak orientovaný výpočetní systém. Po dohodě s vedoucím jsme se rozhodli pro využití výpočetního systému MODELICA, který je ve své podstatě opensource, avšak postupem času vzniklo mnoho komerčních odnoží. Více si vlastnosti a výhody rozebereme na následujících kapitolách.

### 8.1 Modelica

Na rozdíl od již zmíněného Simulink® se tedy nejedná o vyvíjený program, avšak o standardizovaný objektově orientovaný modelovací jazyk pro komponentové modelování komplexních systémů.

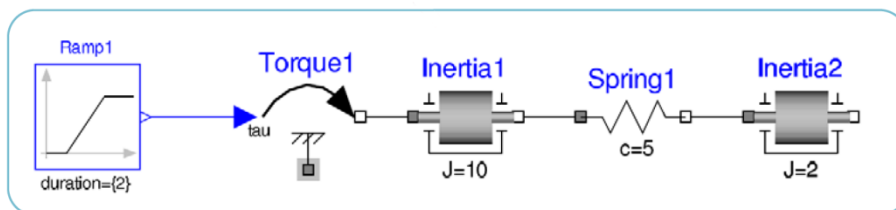
Tento jazyk vznikl v roce 1978 na univerzitě v Lundu a byl vytvořen Hildingem Elmqvistem, který ho vytvořil v rámci své disertační práce. Mezitím se tento jazyk stal základem mnoha modelovacích softwarů a to jak komerčních, tak nekomerčních. Mezi nejznámější patří Mathmodelica® (dnes SystemModeler® od společnosti Wolfram®), Modelica Dymola®, Jmodelica® a opensourcový program OpenModelica®. Jednotlivé verze se liší obsahem základních knihoven a hlavně uživatelským prostředím, jinak je práce v těchto programech ve svém základu podobná až totožná. Pro svou diplomovou práci jsem využil trialové programy Mathmodelica®, Modelica Dymola® a OpenModelica®.

Největšími výhodami v porovnání se simulinkem tedy jsou:

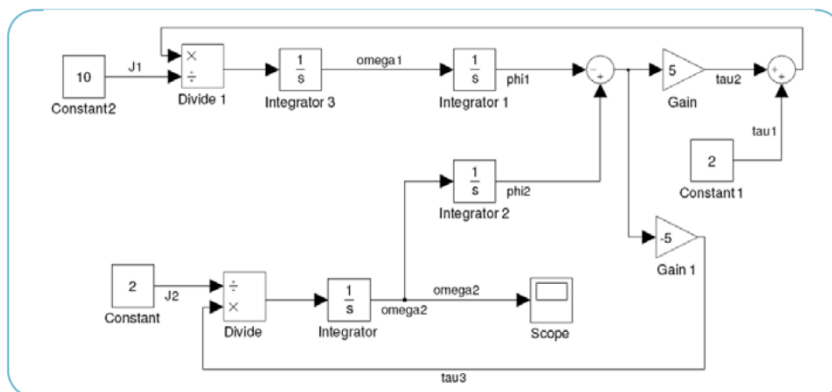
- Modelica je programovací jazyk, takže je možné vytvářet model pomocí textového editoru
- Modelování většiny systémů vyžaduje menší počet prvků
- Modelování v modelice více odpovídá skutečné realitě a model je tedy čitelnější a méně náchylný k chybám
- Model je možné dělit do submodelů, což znamená, že hierarchicky zjednodušíme model do několika submodelů, čímž vznikne model např. Pět prvků, z nichž každý prvek se skládá z několika dalších modelů uvnitř prvku. Velice se tím zjednoduší práce s modelem
- Existuje opensourcový program OpenModelica®
- Na rozdíl od Simulinku® (který je průmyslovým standardem firmy Mathworks®) je Modelica normalizovaný programovací jazyk, proto také mohou existovat různá komerční (i nekomerční) vzájemně si konkurující vývojová prostředí a pro řešení specifických problémů z různých aplikačních oblastí se v tomto jazyce vytvářejí (komerční i nekomerční) specializované knihovny [21]

Zjednodušení modelu použitím Modelica v porovnání se Simulink® je názorně vidět na následujícím obrázku:

## Modelica



## Simulink



Obrázek 17 Porovnání totožného modelu ve dvou modelovacích prostředích [21]

### 8.1.1 MathModelica<sup>®</sup>

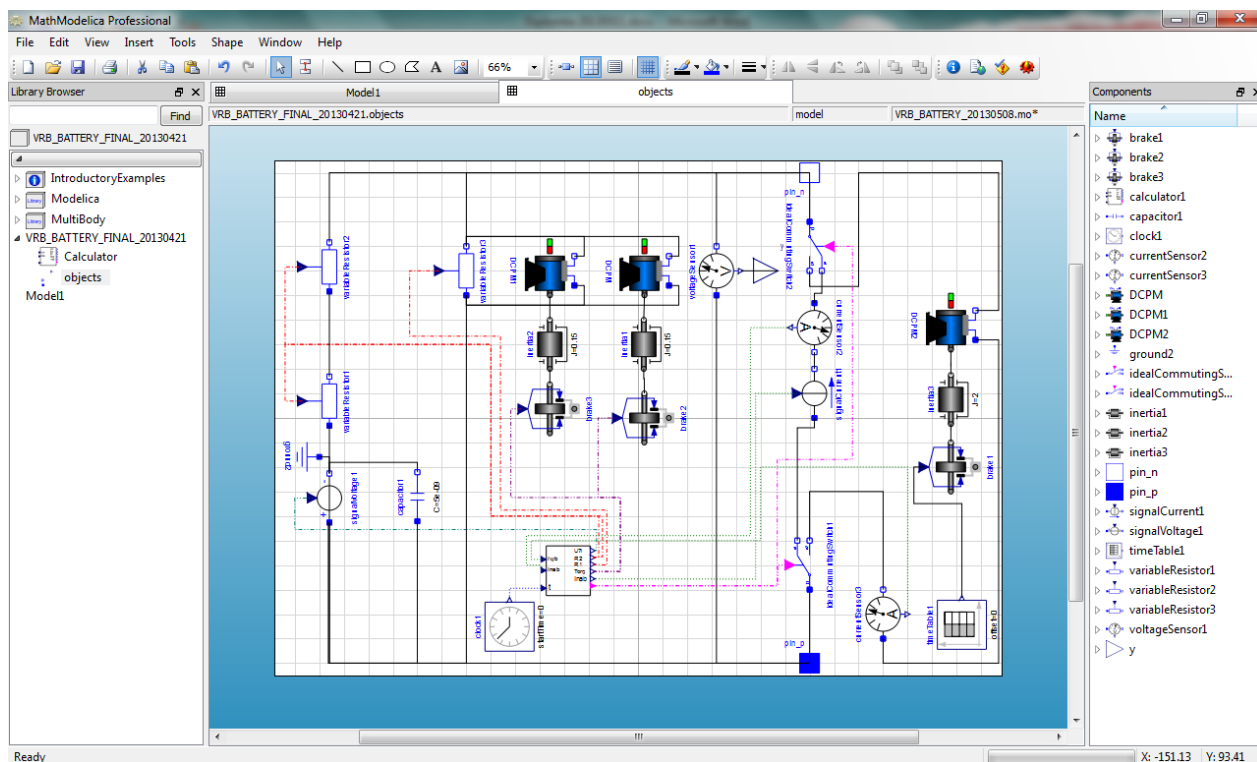
V tomto programu jsem naprogramoval svou baterii. Pro jeho použití jsem se rozhodl z důvodů jednoduššího ovládání. V porovnání s OpenModelica<sup>®</sup> a Modelica Dymola<sup>®</sup> je mnohem jednodušší se v modelovacím prostředí pohybovat (náhledy, přiblížení, posun po ploše). Mezi skvělé funkce, které ostatní programy neměly je možnost barevného rozlišení a změny stylu spojovacích čar. Tím se dá dosáhnout přehlednosti například odlišením vodivých spojů a informačních spojů. Během výpočtů však některé prvky nefungovaly úplně dokonale. Tento problém je určitě vyřešen v jejím nástupci, MathModelica<sup>®</sup> se totiž při jejím prodeji přetransformovala do programu SystemModeler<sup>®</sup>.

### 8.1.2 SystemModeler<sup>®</sup>

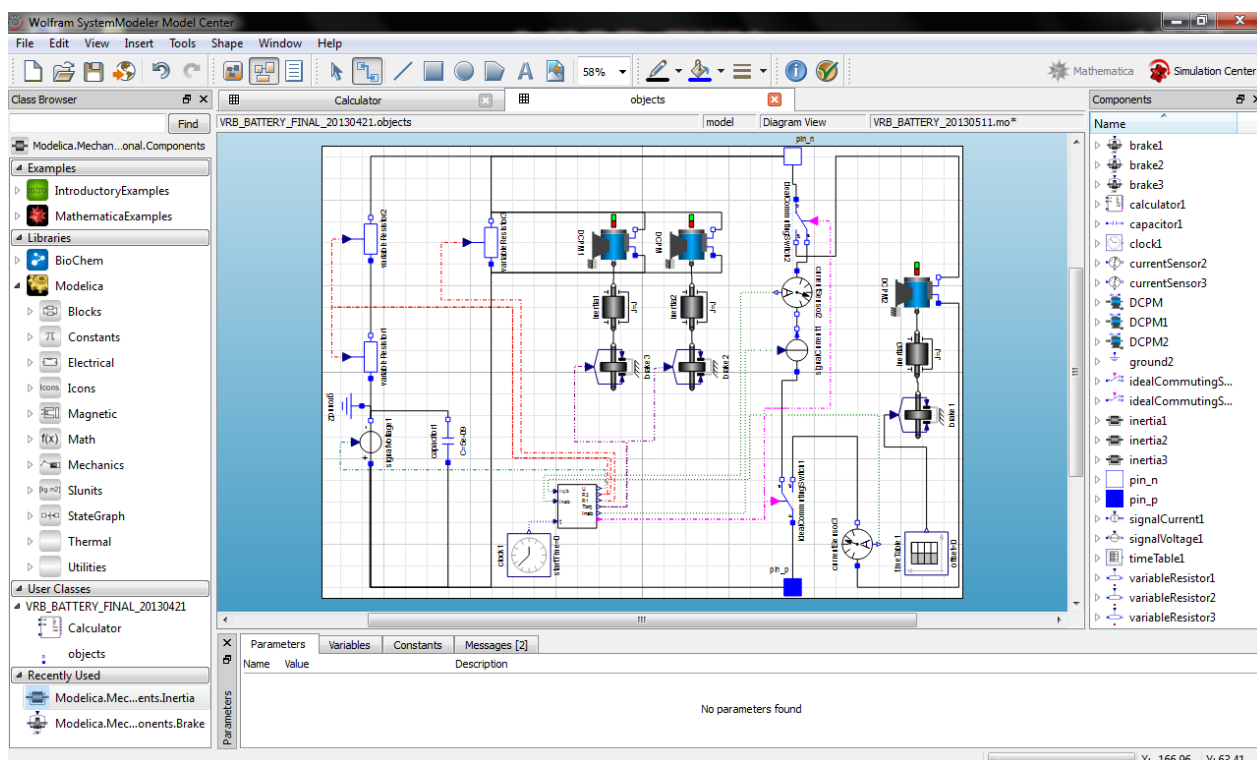
Tento program je velice podobný MathModelica<sup>®</sup>, jelikož z ní vychází. Jednou z největších výhod oproti ostatním programům je možnost propojení s programem Mathematica<sup>®</sup>, což jeho uživatelé jistě ocení. Oproti MathModelica<sup>®</sup> došlo hlavně k rozšíření knihoven.

Modely z MathModelica<sup>®</sup> a SystemModeler<sup>®</sup> jsou vzájemně kompatibilní stejně jako mezi ostatními programy, avšak u ostatních dochází k jistým problémům v odlišném definování prvků, a tak je nutné je někdy odstranit.

Velkou nevýhodou tohoto programu je cena, protože až na nepříjemnosti v oblasti ovládání můžeme získat takřka totožný program zcela zdarma (Openmodelica<sup>®</sup>).



Obrázek 18 Náhled modelu v programu MathModelica



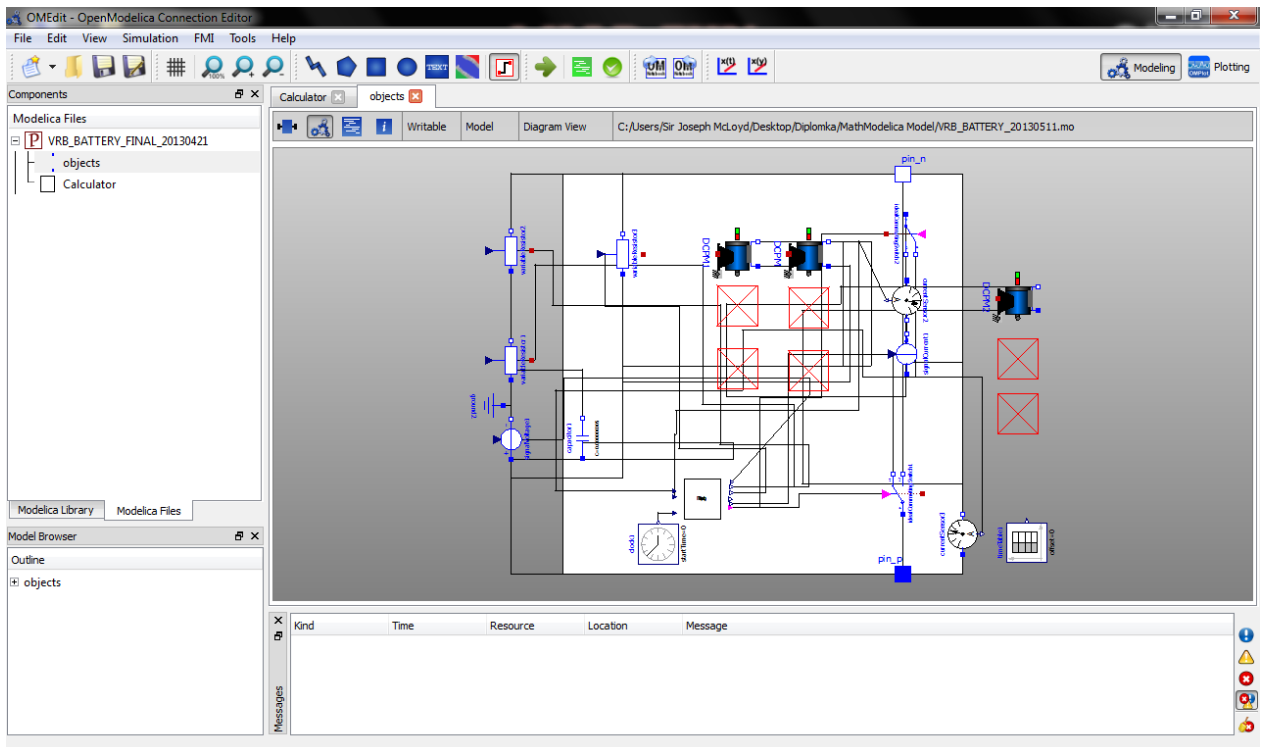
Obrázek 19 Náhled modelu v programu SystemModeler

### 8.1.3 OpenModelica®

OpenModelica® je open source program a je tedy volně šiřitelný a jeho zdrojový kód je otevřený a tak s postupem času dochází k neustálému vývoji.



Jak již bylo řečeno, největším problémem je jeho uživatelské rozhraní v modelovacím prostoru. Zde máte stejně jako u ostatních daný bílý čtverec, který může po zapnutí funkce obsahovat mřížovou soustavu. Samozřejmě je možné modelovat i mimo tento čtverec, problém však nastane v momentě, kdy si chcete pohled přiblížit, zjistíte, že pomocí posuvníku se lze pohybovat pouze v oblasti bílého čtverce a vše mimo něj je nezobrazitelné. Jednou z možností přítomnosti této funkce je tlak na použití vnořených modelů, tak aby byl model přehledný.

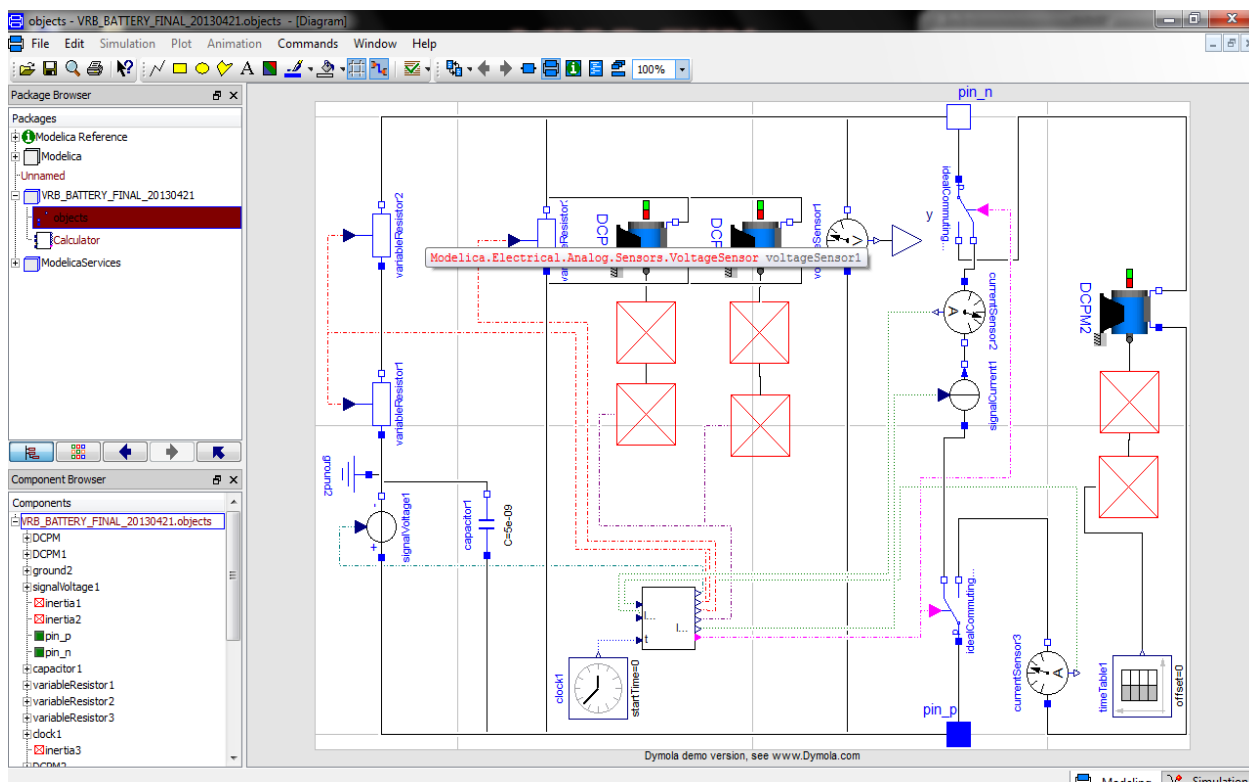


Obrázek 20 Náhled modelu v programu OpenModelica

### 8.1.4 Modelica dymola®

Oproti OpenModelica je tento program rozšířen o mnoho dalších prvků v knihovnách, což se může hodit hlavně v určitých oblastech, kde jsou knihovny OpenModelica nedostatečné.

Po zběžném použití tohoto programu jsem však zjistil stejné nedostatky v uživatelském prostředí a tak bych se spíše nakláněl k použití open source verze.



### 8.1.5 JModelica®

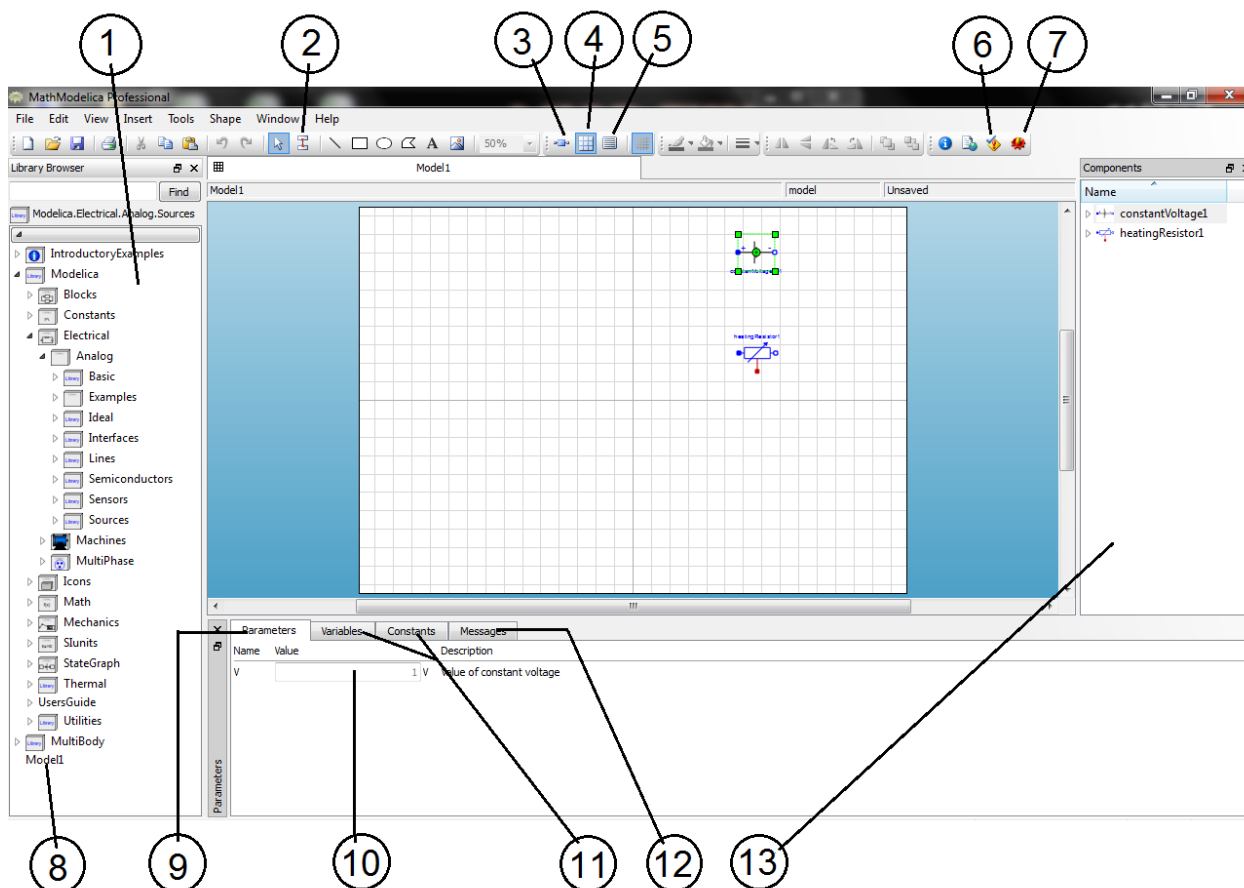
U tohoto programu jsem bohužel po nainstalování nedokázal nalézt grafický editor ani po druhém nainstalování jiné verze, avšak vzhledem k časovým možnostem jsem ke sprovoznění tohoto programu nevyvíjel další úsilí.

V jednotlivých programech byl vždy otevřen stejný model vytvořený MathModelica. Jak je vidět na všech náhledech modelu otevřeného v různých programech a popisech mých zkušeností, je modelování v jednotlivých programech totožné ve své podstatě. Jedinými, avšak někdy podstatnými, rozdíly pohodlí uživatele a takzvaný userfriendly přístup programu k uživateli. To znamená to, že se jednotlivé funkce a možnosti pro editaci prvku apod. nacházejí v místech nebo pod příkazy, které uživatel očekává.

## 8.2 Modelování v programu Mathmodelica

Jelikož se na internetu nenachází příliš velké množství materiálů popisujících práci s tímto programem, rozhodl jsem se zde lehce nastínit jeho ovládání, používání bloků a zmínit některé problémy, se kterými jsem se během modelování potýkal.

Na obrázku dole je náhled prostředí editoru modelu, z něhož jsem vyznačil nejpoužívanější části, které je nutné znát pro možnost modelování.



Obrázek 21 Náhled prostředí editoru Mathmodelica

- 1 **Standardní knihovny** – zde lze najít většinu potřebných bloků a hlavně každá knihovna má svůj soubor příkladů modelů, na který lze pochopit způsob modelování s blokem.
- 2 **Výběr funkce connector** – v případě, že chcete začít spojovat jednotlivé prvky, je nutné mít zapnutou tuto funkci
- 3 **Ikona modelu** – kliknutím na tuto ikonu se přesunete do editoru grafického vzhledu ikony celého modelu, která se zobrazí v modelu, do kterého chceme tento model vnořit
- 4 **Grafický editor modelu (modelovací prostředí)** – touto ikonou se lze vrátit zpět do grafického editoru modelu, ve kterém lze vytvářet model z jednotlivých bloků.
- 5 **Textový editor** - tato ikona spouští textový editor, ve kterém se definují proměnné některých prvků, jako třeba „Reálné vstupní hodnoty (Realexpression)“ a hlavně se zde zadávají rovnice.
- 6 **Verifikace modelu** – před spuštěním simulátoru je nutné si model ověřit, zda se v něm nenachází chyba. Výstupní text se objeví na kartě Message (pod číslem 12) a neměl by obsahovat žádný error. Správný text je, že model obsahuje jistý počet rovnic a stejný počet neznámých.
- 7 **Simulátor** – tímto tlačítkem vyexportujete model do simulátoru, kde se nastaví další možnosti pro simulování.
- 8 **Model** – veškeré otevřené modely se objevují na kartě pod knihovnou.

- 9 **Parametry** – na této kartě se objeví editovatelné pole (10) pro parametry bloku, které je nutné zadat.
- 10 **Editovatelné pole parametru**
- 11 **Variable & Constant** – tyto dvě karty jsem během modelování neměl potřebu využívat. Slouží k podmíněnému zadávání parametrů. Avšak při jeho používání vždy došlo k chybě v modelu a studium tohoto zadávání parametrů nebylo nutné.
- 12 **Messages** – na této kartě se objevují veškeré zprávy generované programem.
- 13 **Karta bloků** – na kartě se zobrazují veškeré bloky použité v modelu. Tuto kartu jsem nepoužíval a pro zvětšení pracovní plochy jsem ji vypnul.

Pro první seznámení s postupem modelování je dobré si prohlédnout větší množství příkladů (Examples), které jsou součástí každé ze standardních knihoven, a jednotlivé bloky, hlavně z oblasti, ve které se chystáme modelovat. Tento krok nám pomůže pochopit základy v propojování jednotlivých bloků a také způsob jejich simulací a zadávání jejich parametrů.

Pokud nalezneme v některém z příkladů blok, který bychom rádi použili, najdeme cestu k jeho nalezení klikáním na daný blok. Otevře se dialogové okno, kde je pod položkou name zobrazena cesta pro nalezení bloku v knihovně.

Další z možností, jak zjistit nastavení a funkci bloku, je otevření dokumentace příslušného bloku. To se provádí pravým kliknutím na blok a výběrem položky Documentation. Zde je většinou popsán základní účel bloku, jeho funkce, způsob nastavení a zadávání jeho proměnných a v poslední kartě také typy konektorů.

Třetí možností pro pochopení funkce a hlavně způsobu zapojení je otevření modelu bloku. Model se otevírá kliknutím pravým tlačítkem na příslušný blok a výběrem první položky z nabídky a to Edit class.

V mém případě byly nejpoužívanější knihovny Blocks (logické a matematické operace), Electric (elektrické prvky a stroje) a Mechanics (v podknihovně rotational jsem používal mechanické prvky pro motory).

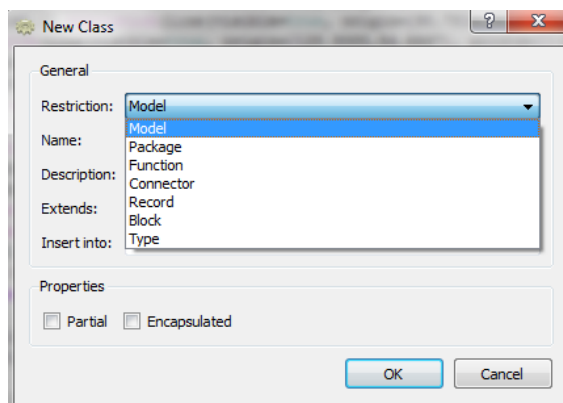
### 8.2.1 Příkaz nový

Pokud chceme vytvořit nový blok, nebo model, klikneme na *file/new class* nebo spustíme příkaz *ctrl+N* a otevře se dialogové okno, viz obrázek dole.

Já jsem používal pouze tři základní modely:

- a) **Model** – tento prvek je určen pro vytváření standardního modelu
- b) **Block** – tento prvek je určen pro vytvoření nového bloku, který budeme vkládat do modelu
- c) **Package** – při vkládání vlastních bloků do modelu, je dobré přesunout model a všechny jeho vložené bloky do balíku package. Tím docílíme, že při dalším otevření modelu dojde ke správnému načtení vložených bloků. Vkládání modelu a bloků do balíku lze provést jednoduchým přetažením požadovaného prvku do balíku na kartě pod knihovnou.

Ostatní prvky jsem neměl potřebu používat.



Obrázek 22 Možnosti při vytváření nového prvku

### 8.2.2 Propojování bloků

Jedním z velkých svízelů při modelování bylo propojování prvků, protože se často stává, že větší množství prvků nelze vzájemně propojit. Toto může být způsobeno několika důvody:

- a) **Rozdílné typy vstupu a výstupu, které se propojují** – v modelice jsem setkal hlavně se třemi základními typy hodnot signálu a to Integer (celá čísla), Boolean (true / false) a Real (jakékoliv číslo). Tyto typy se samozřejmě nedají propojovat a je nutné použít bloky převodu na příslušný typ.
- b) **Požadovaný vstup** – u některých bloků se stává, že požadují daný typ vstupu, jako například napětí, proud, teplota apod. a tak je nutné nejprve připojit zdroj a poté je možné blok připojit. Tento problém se mi stal vícekrát, a proto jsem se naučil problémová propojení přeskočit a odložit je až na konec.
- c) **Nemožnost připojit blok sám na sebe** - tato hláška vyskakuje hlavně při modelování na pomalejších počítačích, kdy chce člověk pouze blokem pohnout a má zapnutý mód propojování.

Při problémech s propojováním bloků je dobré se zastavit a zkontrolovat selským rozumem co s čím propojujeme a případně se podívat do dokumentace bloků na kartu connectors, kde jsou označeny jednotlivé typy vstupů a výstupů.

Velkou výhodou oproti ostatním programům je možnost grafické úpravy jednotlivých propojení. Stačí pouze na propojení poklikt levým tlačítkem myši, nebo jednou kliknout pravým tlačítkem a vybrat properties. Otevře se karta vlastností a vyberete kartu Graphics. Zde je již možné volit barvu a styl čáry a další vlastnosti.

Barevným a grafickým rozlišením propojů docílíte vyšší přehlednosti modelu.

### 8.2.3 Úprava modelu pomocí textového editoru

Pro zadávání rovnic do vstupů a výstupů, jak samostatných, tak náležejících bloků, a také pro přejmenování bloků je nutné si otevřít textový editor. V editoru jsou již automaticky vygenerovány texty pro již přidáné bloky, které definují jejich polohu v modelovacím prostoru a také jednotlivá propojení.

Vstupy a výstupy jednotlivých bloků mají pevný název, který lze zjistit buď otevřením modelu bloku (viz. kapitola 7.2) nebo nahlédnutím do generovaných textů pro propoje, kde je vždy popsán, který konektor je připojen na další. Reálně jsou názvy většinou složeny následovně:

*Název bloku . název konektoru*, tedy např. *SOC.y* pro výstup nebo *SOC.u* pro vstup.

Textový editor je rozdělen na dvě části, v první části jsou definovány jednotlivé bloky (název, umístění) a lze zde definovat jejich velikost vložením definice  $y$  za název bloku např.

*realexpression4* ( $y=5$ )

nebo i podmíněně

*realexpression4* ( $y=\text{if } SOC.y > 0.01 \text{ then } 47 + 2*0.5*\log(SOC.y/(1 - SOC.y)) \text{ else } 0$ )

Pokud chceme přejmenovat blok, stačí změnit jméno v první části editoru. Nezapomeňte, že po změně názvu zůstanou definována propojení a případné staré vzorce pro starý název. Proto je dobré nejdříve vložit bloky v grafickém editoru, potom změnit názvy a následně začít propojovat bloky a definovat jednotlivé vztahy.

V případě, že zapomenete přejmenovat některý ze starých názvů, objeví se hláška na kartě messages, že některé propojení není definováno.

Pokud modelujeme nový blok a chceme, aby tento blok měl editovatelný parametr na kartě Parametry, je nutné tento parametr definovat následovně:

*parameter Real Názevparametru=počáteční hodnota; např. parameter Real k=20000;*

Druhá část textového editoru má název equation, jednotlivá propojení jsou definována příkazem connect. Pokud chceme zadat vztah pro nějaký vstup nebo výstup jednoduše definujeme vztah použitím názvů vstupů a výstupů bloků místo neznámých např.:

*gain3.u=if u1 > 0 then u1 else 0;*

Každá rovnice potom musí být ukončena středníkem stejně jako u programování v jazyce C.

### 8.2.4 Simulace

Simulační program není potřeba nijak hluboce studovat. Pro standardní simulace stačí nastavit dobu simulace a přesnost. Zde pozor pokud nastavíme přesnost na příliš malé číslo, mnohonásobně prodloužíme dobu simulace. Já jsem celou dobu využíval přednastavenou hodnotu.

Dobrou funkce simulačního programu je možnost exportu do excelu anebo matlabu. U exportu do excelu jsem měl problémy s první exportem (result as .CSV (Excel)) a tak jsem používal plot as .CSV (Excel). Nejprve si necháme zobrazit požadované průběhy na levé kartě a potom jen spustíme export.

## 9 MODELOVÁNÍ BATERIE

Modelování a simulování baterií je důležitým prvkem pro studium vlastností těchto systémů v součinnosti s jinými technologiemi pro spotřebu nebo výrobu elektrické energie. Dnes se nejčastěji studuje spolupráce baterií s obnovitelnými zdroji elektrické energie, jejich výkon není stálý a způsobují svou přítomností potíže v distribučních a přenosových soustavách.

Náš konkrétní model vychází z baterie umístěné v ústavu energetiky na Vysokém učení technickém v Brně.

### 9.1 Měření nabíjecích a vybíjecích cyklů baterie

Z dostupných zdrojů o modelování VRB baterií jsme schopni zjistit rovnice popisující chování jednotlivých ztrát, napětí a proudu během vybíjení a nabíjení a další parametry. Tyto rovnice však obsahují velké množství konstant popisující konkrétní závislosti parametrů pro daný kus baterie. Jednotlivé baterie se mezi sebou v parametrech liší, jak u různých výrobců, tak i pro různé výkony a kapacity. Z tohoto důvodu je nutné provést měření pro různé nabíjecí a vybíjecí proudy a ideálně pro minimálně dvě teploty, například měření v zimě a v létě.

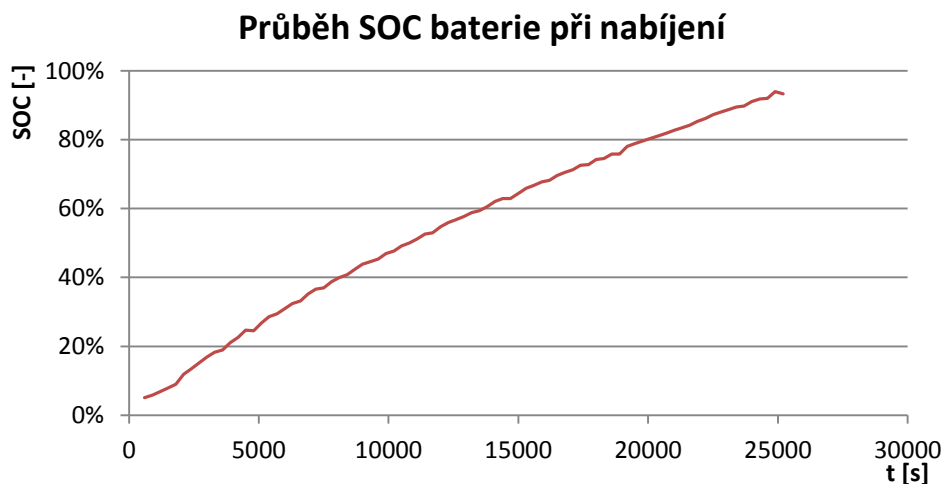
Bohužel během práce na méj diplomové práci jsme nebyli schopni na ústavu zajistit potřebný zdroj, a tak jsem musel použít hodnoty z jediného měření, které proběhlo v předchozím roce. Z tohoto důvodu nebude model tak úplně universální a bude nutné upravit rovnice a konstanty po provedení více měření, tak aby výsledky měření odpovídaly různým parametrům nabíjení a vybíjení.

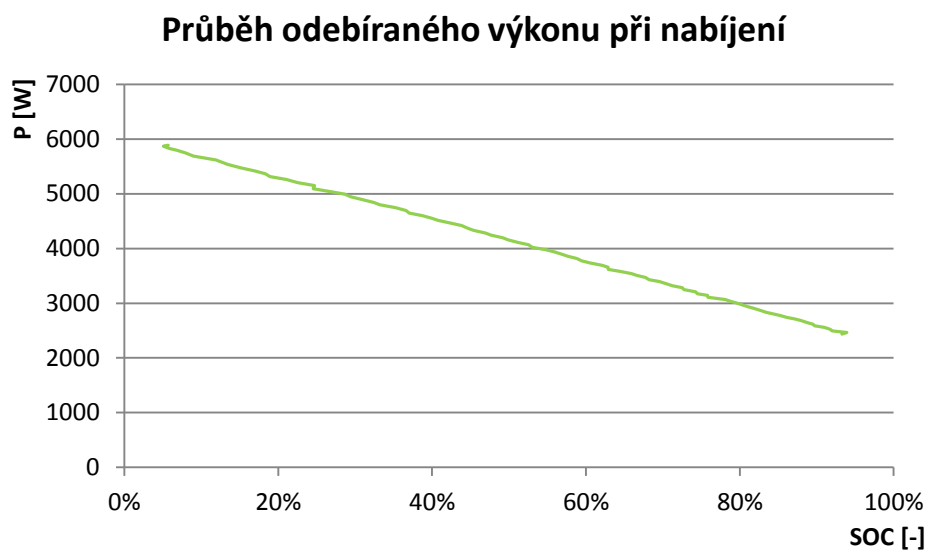
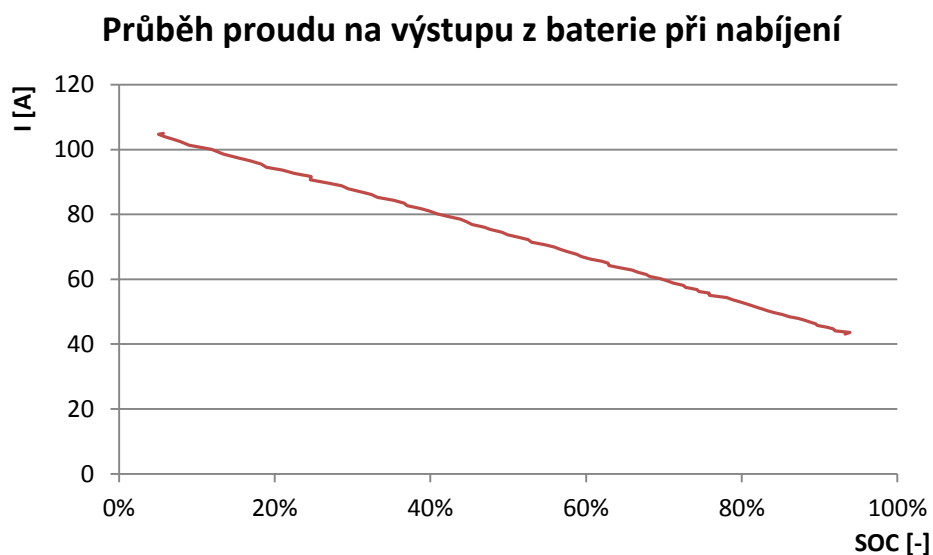
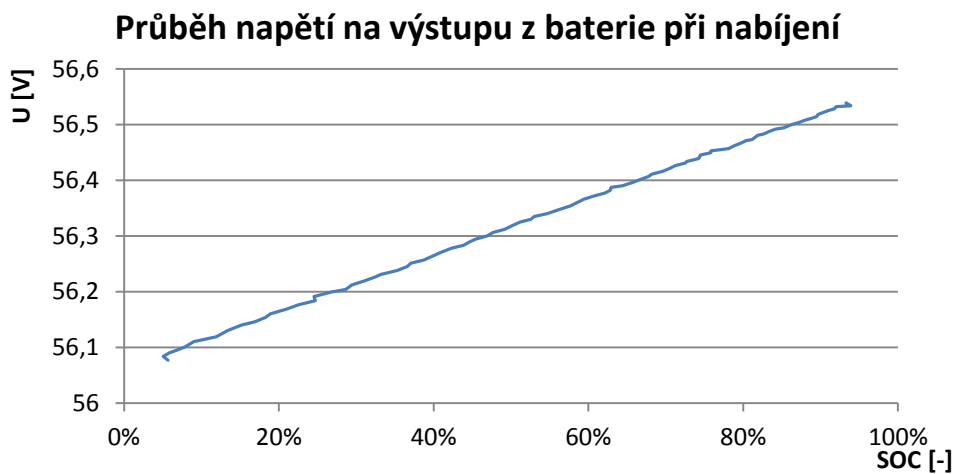
Hodnoty konstant popisujících chování konkrétní VRB baterie byly tedy zjištěny teoretickými výpočty a následnými simulacemi, tak aby výsledky simulací co nejvíce odpovídaly výsledkům z reálného měření.

#### 9.1.1 Výsledky měření nabíjecího cyklu

Nabíjení probíhalo konstantním napětím 56,5 V po dobu 7 hodin. Počáteční stav nabití baterie SOC byl 5,68 % a proces nabíjení byl ukončen při SOC 93,31 %.

Na následujících grafech jsou zobrazeny změřené časové závislosti, napětí baterie, jednoho článku, SOC a výkonu. Tabulka naměřených hodnot se nachází v příloze 1.





Obrázek 23 Změřené závislosti pro nabíjení



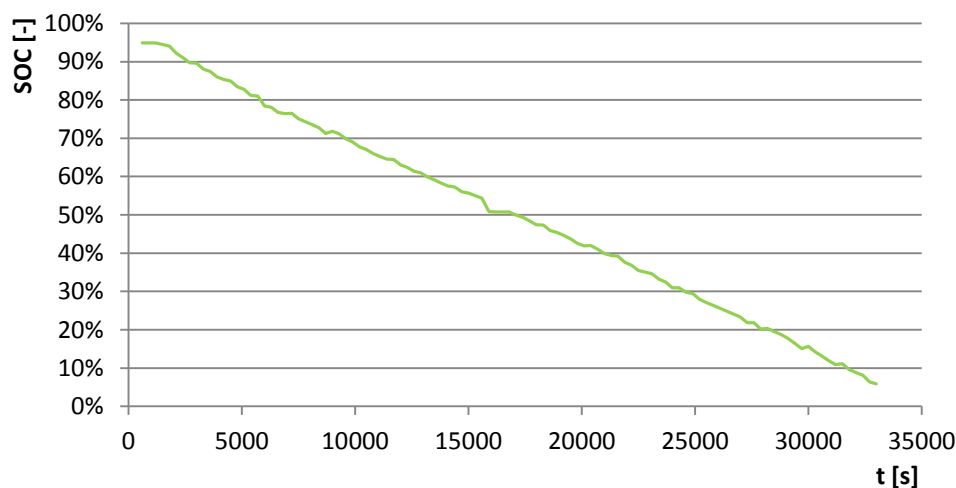
Jak je vidět z měření, tak v měřeném rozsahu SOC napětí baterie roste skoro s lineárním průběhem. Nárůst napětí dosahuje hodnoty okolo 0,5 V. Současně s nárůstem napětí klesá odebíraný proud a celkově i odebíraný výkon, protože elektrolyt je již částečně nasycen a není schopen přijímat tak velké množství energie.

### 9.1.2 Výsledky měření vybíjecího cyklu

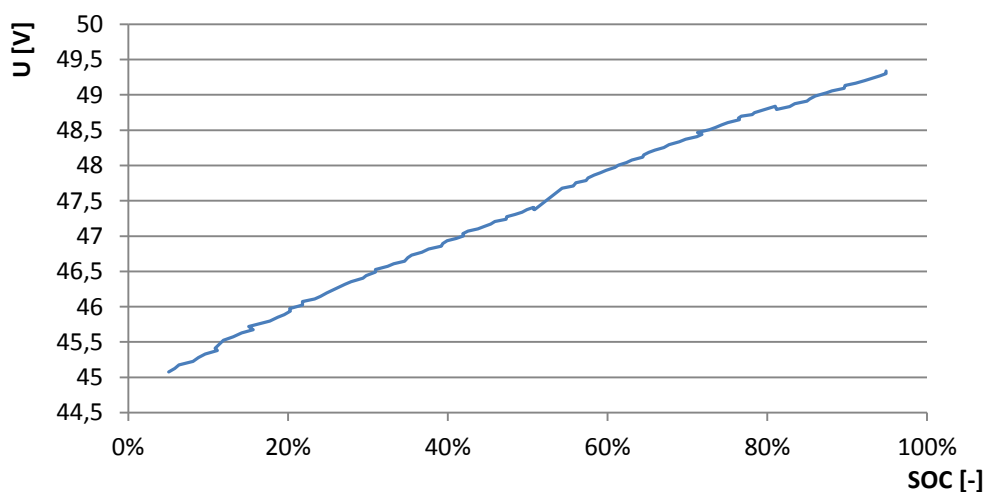
Vybíjení baterie probíhalo konstantním proudem 40A po dobu 9 hodin a deseti minut. Počáteční stav nabití baterie SOC byl 94,86 % a proces vybíjení byl ukončen při SOC 5,07%.

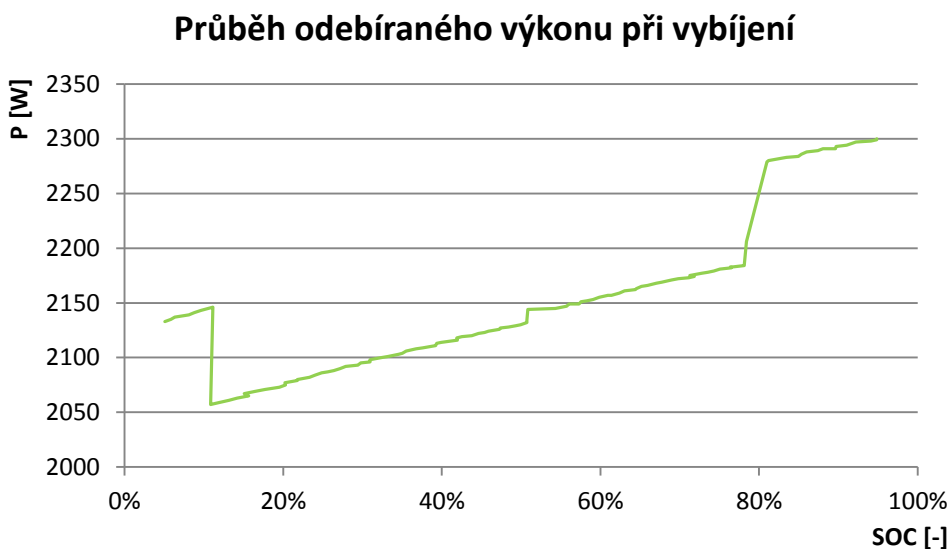
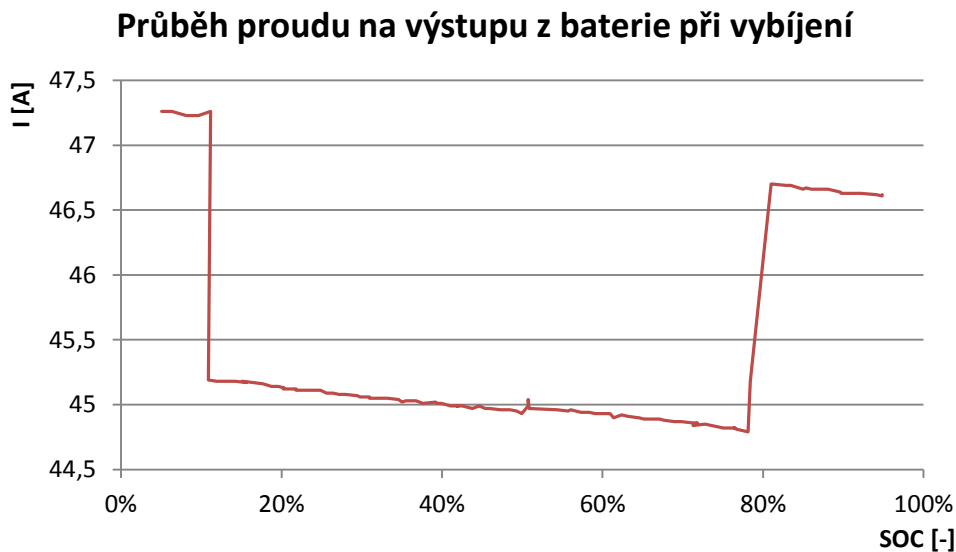
Na následujících grafech jsou zobrazeny změřené časové závislosti, napětí baterie, jednoho článku, SOC a výkonu. Tabulka naměřených hodnot se nachází v příloze 2.

**Průběh SOC baterie při vybíjení**



**Průběh napětí na výstupu z baterie při vybíjení**





*Obrázek 24 Naměřené závislosti pro vybíjení*

Jak je vidět z grafů nahoře, tak v rozsahu měřeného SOC se napětí chová opět téměř lineárně s tím rozdílem, že tentokrát klesá. Vlivem klesajícího napětí klesá odebíraný výkon, protože vybíjení probíhalo konstantním proudem. To, že odebíraný proud není konstantní, je způsobeno vnitřními ztrátami baterie, a to jak na vnitřním odporu, tak na paralelních stálých a proměnných ztrátách, kam se počítají i čerpadla. Čerpadla na začátku vybíjení čerpala na plný výkon, avšak řídicí jednotka zaznamenala nízký odběr proudu a tak v čase okolo 1:30s omezila jejich výkon. Na konci vybíjení již elektrolyt neobsahoval tak velké množství energie, a tak bylo nutné zvýšit jeho oběh, a tak okolo 8:30:00 došlo opět ke zvýšení výkonu čerpadel a tím nárůstu ztrát baterie.

### 9.1.3 Plánované měření

I když nebylo možné tato měření provést, bylo by dobré se zde krátce rozepsat o plánovaných měřeních tak, aby čtenář dostal přehled o potřebných údajích pro vytvoření modelu.

Plánované měření mělo obsahovat tyto údaje:

- a) Napětí článku baterie
- b) Napětí na výstupu z baterie
- c) Proud na výstupu z baterie
- d) Výkon na výstupu z baterie
- e) Proud odebíraný čerpadlem
- f) Proud odebíraný z článku.
- g) Oteplení baterie během provozu a to hlavně článku a elektrolytu. Měření termovizí a kontaktní měření

Proběhlo by několik měření v ideálním případě, při dvou teplotách provozu, pro dvě hodnoty nabíjecích proudů, při konstantním vybíjecím proudu, při konstantním vybíjecím výkonu. Což znamená asi 4 - 5 měření. A poté by proběhlo měření dle hodnot, které bychom zvolili při simulaci. Výsledky tohoto měření by sloužili pro validaci výsledků simulace modelu.

Výsledky měření by nám poté mohli pomoci vypočítat následující závislosti:

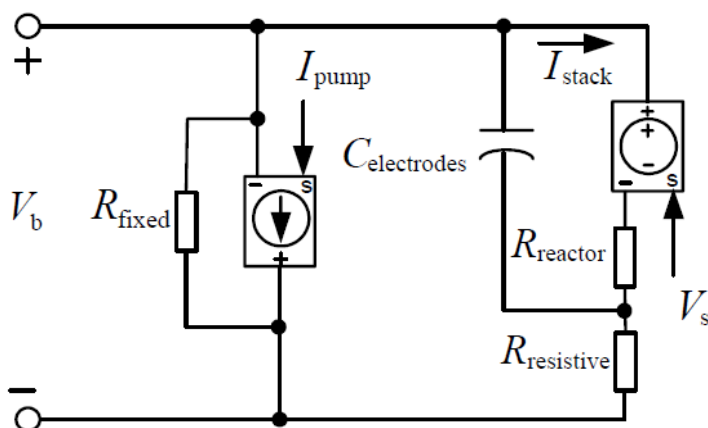
- a) Závislost napětí na SOC, velikosti odebíraného proudu, teplotě a hlavně velikosti nabíjecího napětí
- b) Velikost jednotlivých odporů v obvodu a závislost na procházejícím proudu a teplotě baterie
- c) Závislost výkonu čerpadel na velikosti procházejícího proudu, SOC a napájecím napětí.
- d) Souměrnost výkonu obou čerpadel
- e) Závislost nabíjecího proudu v závislosti na velikosti proudu na zdroji, napájecím napětí, SOC a teplotě

V případě, že bychom se při modelování dostali hluboko do principů mechaniky tekutin by bylo možné ještě vymodelovat soustavu nádrží a čerpadel. Vzorek elektrolytu byl během prací na mé diplomové práci již odeslán do laboratoře a dostali jsme výsledky odporů obou elektrolytů.

Věřím, že tato zjištění pomohou další nástupcům při modelování a podaří se vytvořit funkční model celého systému i s mechanikou tekutin, protože je to obrovská příležitost mít takové zařízení k dispozici pro měření a nebylo by modré tuto šanci promarnit.

## 9.2 Modelování modelu VRB baterie

Při modelování jsem vycházel ze základního elektrického schématu na obrázku níže s tím rozdílem, že jsem modeloval dva motory pro pohánění pumpy. V principu se model skládá z hlavních částí jako zdroj napětí, čerpací ztráty, tepelně závislé odpory a kapacita, zátěž a kalkulátor, kterým řídíme veškeré proměnné veličiny prvků. Způsob modelování a definování jednotlivých prvků si nyní popíšeme.



Obrázek 25 Základní elektrické schéma VRB baterie

### Napěťový zdroj

Tento prvek je vytvořen z řízeného zdroje napětí, který je závislý na SOC. Dle teorie je závislost dána rovnicí

$$U_c = U_E + 2 \cdot \frac{R \cdot T}{F} \cdot \log\left(\frac{SOC}{SOC-1}\right) \quad [V] \quad [22] \quad (9.1)$$

kde  $U_E$  je referenční napětí baterie a pro  $n$  článků se rovná  $n \cdot U_e$ ,

$R$  je vnitřní odpor baterie

$T$  je konstanta určující vliv teploty na parametry baterie

$F$  je Faradayova konstanta

Problémem je však, že máme výsledky z jediného měření a dle této rovnice se průběh napětí zásadně liší od reálného průběhu. Z tohoto důvodu jsem použil rovnici aproximované přímky reálného měření, která má obecný tvar:

$$U_c = -a \cdot x^2 + b \cdot x + c \quad [V] \quad (9.2)$$

reálná rovnice pro vybíjení má tvar:

$$U_c = -1,1132 \cdot SOC^2 + 5,8633 \cdot SOC + 44,791 \quad [V] \quad (9.3)$$

a pro nabíjení je tvar:

$$U_c = -0,0138 \cdot SOC^2 + 0,535 \cdot SOC + 56,0493 \quad [V] \quad (9.4)$$

Rovnice aproximované z výsledků měření byly dále ještě upraveny, pro dosažení reálných výsledků pomocí několika simulací. Tyto úpravy byly nutné, jelikož reálné vnitřní odpory mohou mít odlišnou hodnotu a tak se částečně mění i průběh.

Problémem je však, že vybíjení probíhalo konstantním proudem a nabíjení konstantním napětím, což způsobilo, že při nabíjení byla změna napětí minimální.

### Čerpací ztráty

Čerpací ztráty je modelovat jako motor s řízenou zátěží, v našem případě brzda, nebo jako řízený zdroj proudu. V případě řízeného zdroje proudu nám odpadají problémy s proudovým a

napětovým rázem při skokové změně napětí. Zátěž je závislá na odebíraném proudu a stavu nabití SOC.

Opět bychom potřebovali údaje z měření pro různé zatížení a nabíjení rozdílnými proudy, abychom mohli přesně určit rovnici pro zátěž čerpadel.

Samozřejmě jsou tyto ztráty nejvíce závislé na nastavení řídicího systému, který ovlivňuje, jakým výkonem budou čerpadla v danou chvíli provozována.

### Vnitřní odpory a kapacita

Všechny odpory jsou řízené pomocí kalkulátoru, který započítává změnu odporu vlivem teploty. Hodnoty rezistoru pro 20°C jsou:  $R_{\text{resistive}}=0,045\Omega$  a  $R_{\text{resistive looses}}=0,0345\Omega$  a  $R_{\text{fixed}}=13,889\Omega$ . Hodnoty kapacity pro všech 39 článků je  $C=0,15$  F. Tyto hodnoty byly převzaty od tvůrců modelu se stejnými parametry kapacity a výkonu [22]. Pro výpočet všech těchto parametrů by bylo nutné změřit odběr článku a odběr na výstupu z baterie, tedy změřit ztráty výkonu a úbytek napětí.

Bohužel jsem z měření nebyl schopen určit oteplovací konstanty odporů a proto byly přibližně odhadnuty dle vědomostí z praxe. Dobu oteplování jsem si určil na 5 minut. Čímž jsem obdržel následující rovnice:

$$R_1 = \text{if } t < 300 \text{ then } 13889 + t \cdot 0,0003 \text{ else } 11 + 2,989 \cdot SOC \quad [\Omega] \quad (9.5)$$

$$R_2 = \text{if } t < 300 \text{ then } 0,0405 + t \cdot 1,5 \cdot 10^{-5} \text{ else } 0,045 \quad [\Omega] \quad (9.6)$$

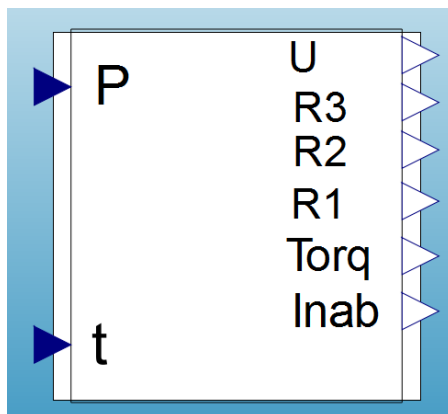
$$R_3 = \text{if } t < 300 \text{ then } 0,03 + t \cdot 1,5 \cdot 10^{-5} \text{ else } 0,0345 \quad [\Omega] \quad (9.7)$$

Aplikace jednotlivých rovnic na prvky s proměnlivými parametry je nejlepší provést vytvořením vlastního prvku, ve kterém budou provedeny všechny výpočty a který bude obsahovat veškeré potřebné vstupy a výstupy. V našem modelu je tento prvek nazván calculator.

### Calculator

Základem prvku dva vstupy, proudový a časový, a potom výstupy, tři odporové, zátěžový pro čerpadla, napětový pro zdroj napětí, proudový pro zdroj proudu nabíjení a poslední řídicí pro přepínání nabíjení a vybíjení.

Na obrázku dole je vidět schéma prvku. Při jeho vytváření jsme postupovali užitím logiky tak, abychom provedli všechny potřebné úkony pro výpočet daných parametrů. V případě výpočtu SOC se jednalo o přivedení vstupu výkonu do integrátoru s dobou vzorkování 1s. Výstup jsem potom dělil kapacitou baterie veWs. Výstupní signál se rovná aktuální spotřebované kapacitě. Zbývající energii v baterii dopočteme odečtením signálu od jedničky.



Obrázek 26 Calculator – ikona prvku

Výstupní signál SOC.y je potom použit v rovnicích pro výpočet napětí při vybíjení a nabíjení, které jsou definovány jako reálné vstupy realexpression5 a realexpression6

$$U_c = -1,1132 \cdot SOC \cdot y^2 + 5,8633 \cdot SOC \cdot y + 44,791 \quad [V] \quad (9.8)$$

$$U_c = -0,0138 \cdot SOC \cdot y^2 + 0,535 \cdot SOC \cdot y + 56,0493 \quad [V] \quad (9.9)$$

Pro řízení přepínačů v obvodu kalkulátoru, ale i baterie je použit prvek hysteresis. Ten vrací hodnoty true, pokud byla předchozí hodnota false a vstup překročil limitu uHigh, a false, pokud byla předchozí hodnota true a vstup klesl pod limitu uLow. Hodnoty uHigh a uLow jsou nastaveny dle mezí SOC, pro které proběhlo měření.

Reálné vstupy realexpression 3 a 4 jsou proudové vstupy pro nabíjení a vybíjení. Přepínány jsou opět na přepínači řízeném výstupním signálem z prvku hysteresis.

Výpočet brzdné síly, která je zátěží čerpadel, jsem použil dva vztahy, jelikož nebylo možné určit jeden vztah pro nabíjení a vybíjení. Jmenovitá brzdná síla byla 1,15 pro vybíjení a 6,5 pro nabíjení. Změna brzdné síly je potom dána pro vybíjení vztahem:

$$torq = \text{if } SOC < 0,057 \text{ then } 0 \text{ else if } SOC < 0,1191 \text{ or } SOC > 0,8118 \text{ then}$$

$$\frac{-0,1724 \cdot SOC^2 + 4,591}{4,591} \text{ else } \frac{-0,1724 \cdot SOC^2 + 4,591}{4,591} \cdot \left(1 - \left(1 - \frac{I}{100}\right)\right) \quad [-] \quad (9.10)$$

$$torq = \frac{(-0,1068 \cdot SOC^2) + 4,521}{4,521} \quad [-] \quad (9.11)$$

V případě nabíjení jsem byl nucen do kalkulátoru přidat ještě výpočet výkonu na straně napájení, jelikož výstup z měření obsahoval výkon pouze na vstupu.

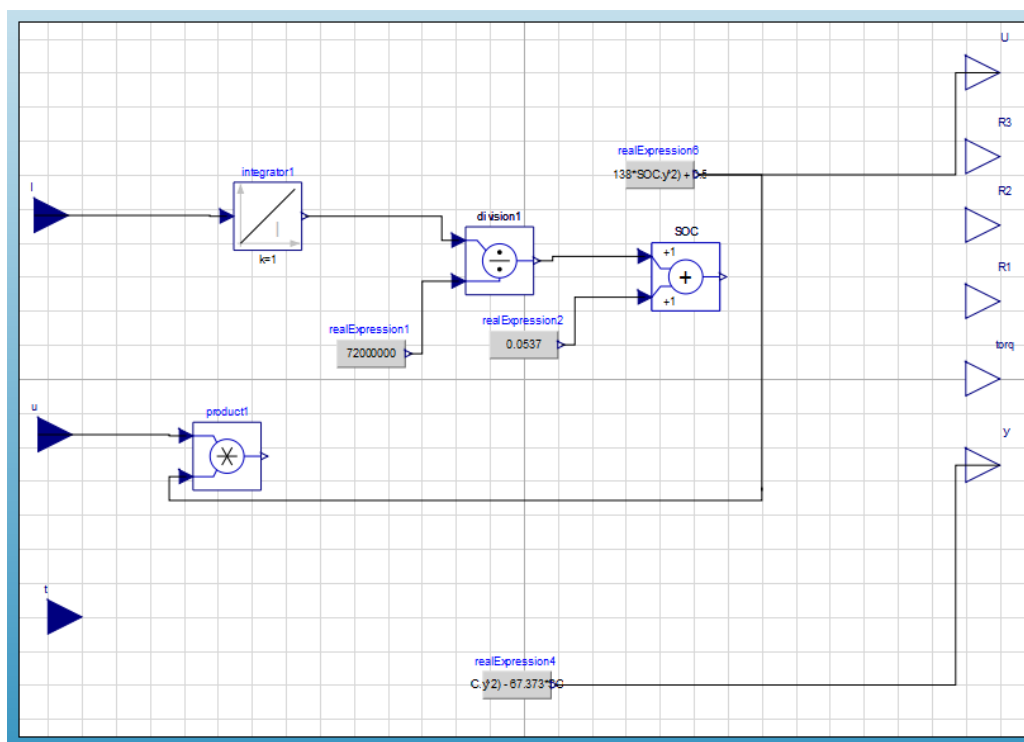
### 9.2.1 Schémata jednotlivých modelů

následující tři kapitoly prezentují výsledné modely. Z důvodů absence většího množství měření jsem byl nucen vytvořit dva modely, jeden pro nabíjení a druhý pro vybíjení. Jelikož jsem však již měl vytvořený model pro kontinuální vybíjení a nabíjení, bylo dobré ho zde také uvést, aby čtenář viděl, že je možné oba dva modely přetransformovat do jednoho modelu bez větších obtíží.

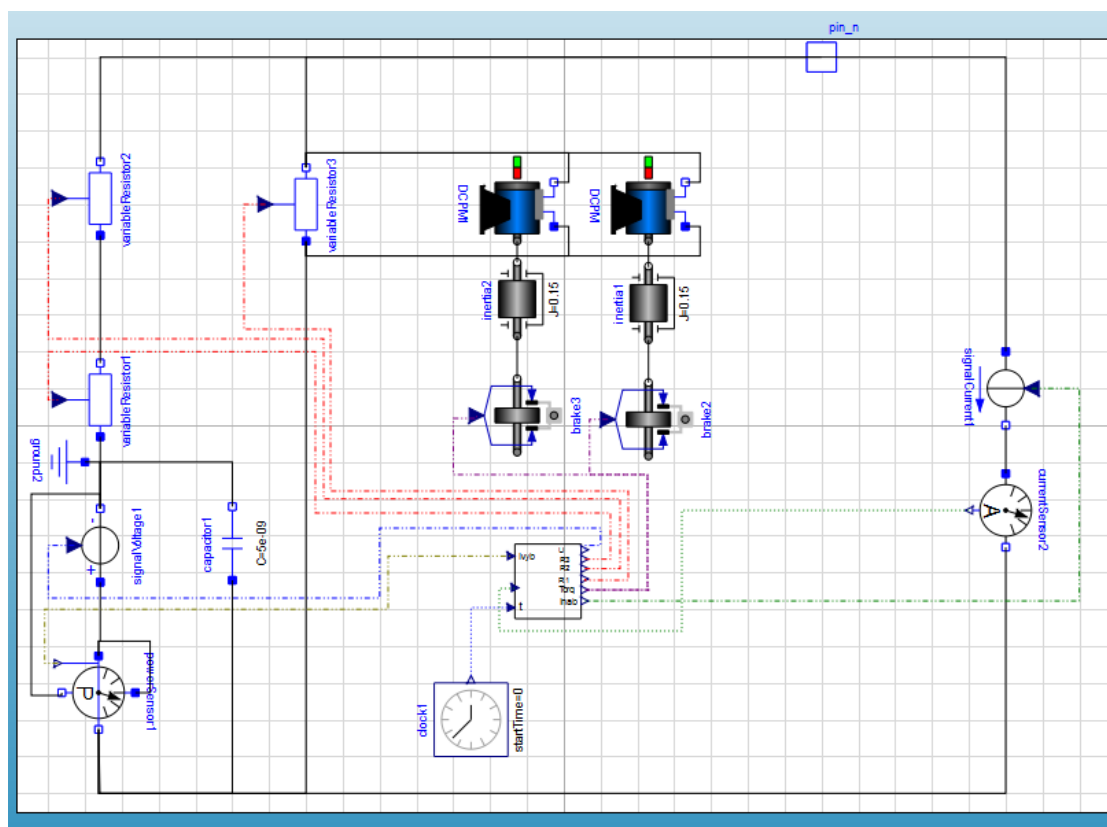
Jako zátěž jsem původně používal motor, čímž mi připadal model atraktivnější tím, že zde byly vidět i vlastnosti motorové zátěže, jako rozběhový proud, a poté generování energie po náhlém výpadku zátěže, kdy svou setrvačností motor po krátký čas generoval elektřinu do sítě.

Měření však bylo prováděno s nabíjením a vybíjením pomocí zdroje napětí a tak jsem tento fakt zařadil i do modelu.

### 9.2.2 Schéma pro nabíjení

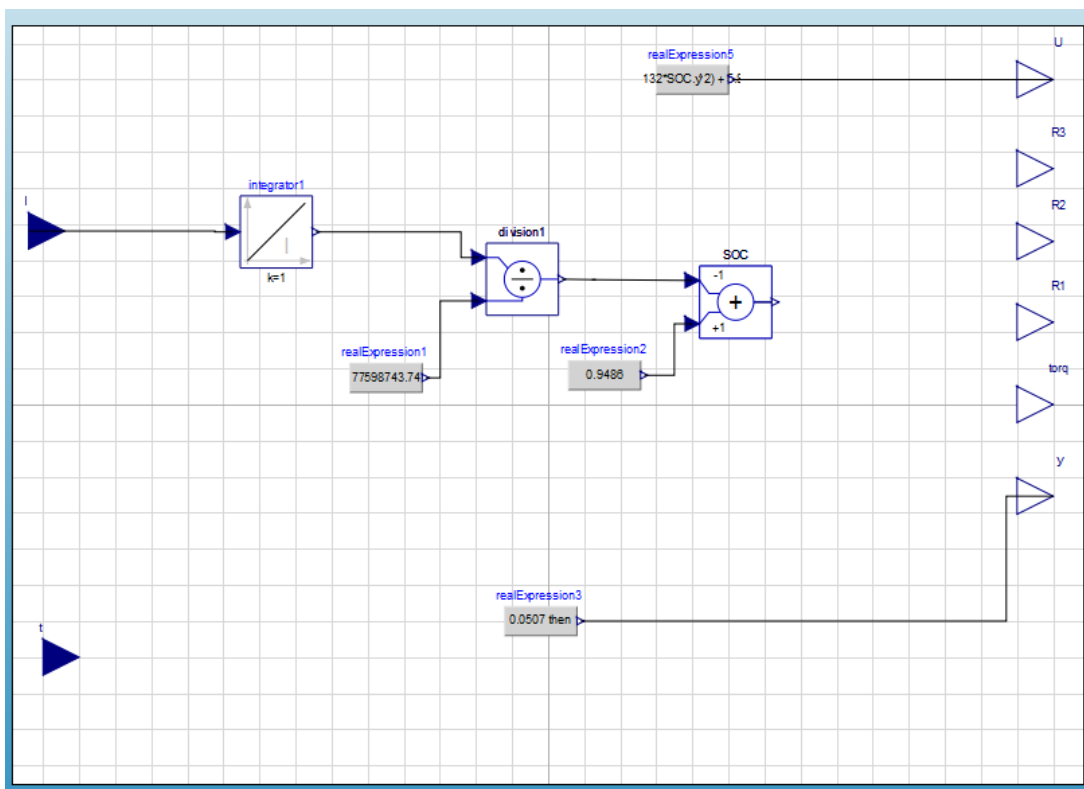


Obrázek 27 Schéma kalkulátor pro nabíjení

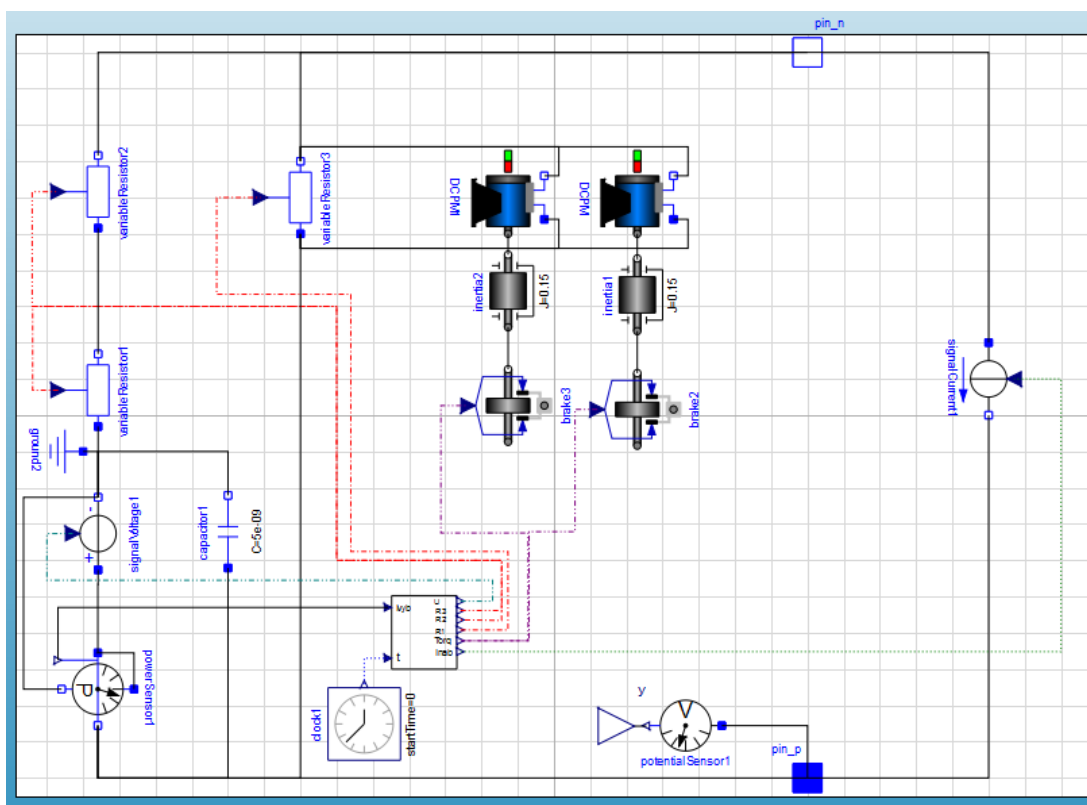


Obrázek 28 Schéma modelu pro nabíjení

### 9.2.3 Schéma modelu pro vybíjení



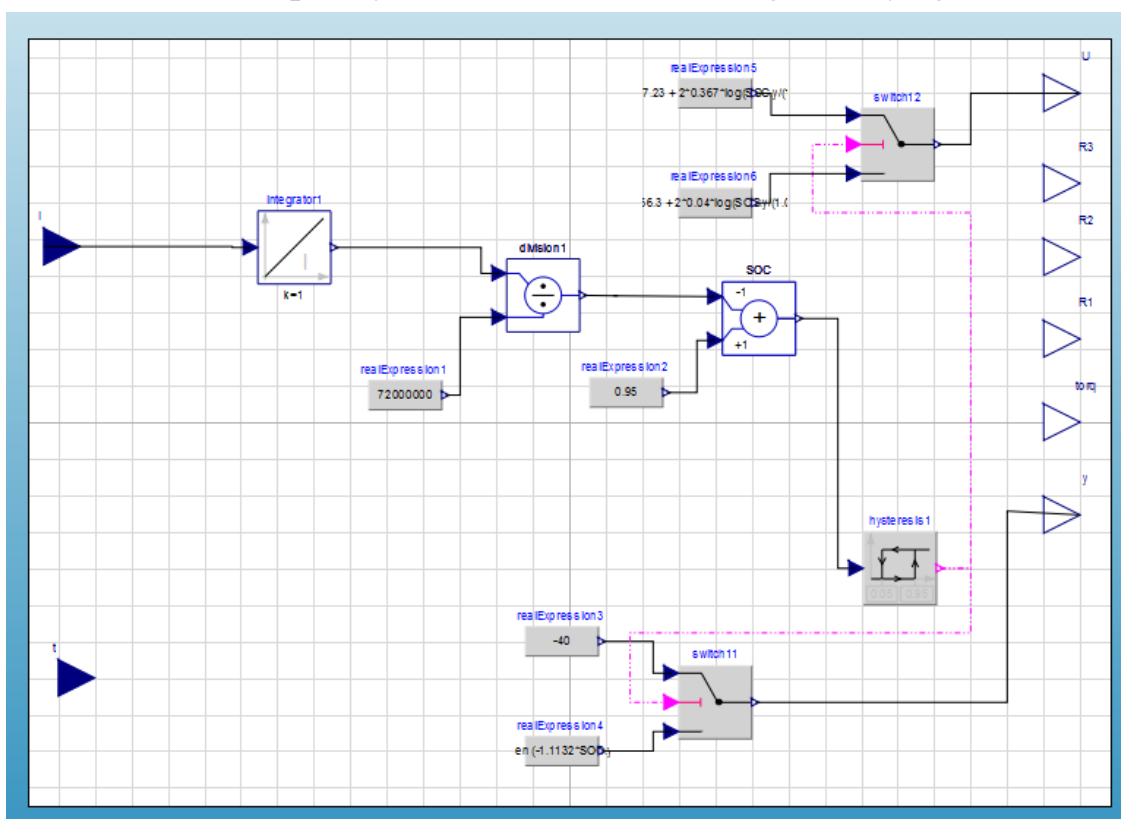
*Obrázek 29 Schéma kalkulátor pro vybíjení*



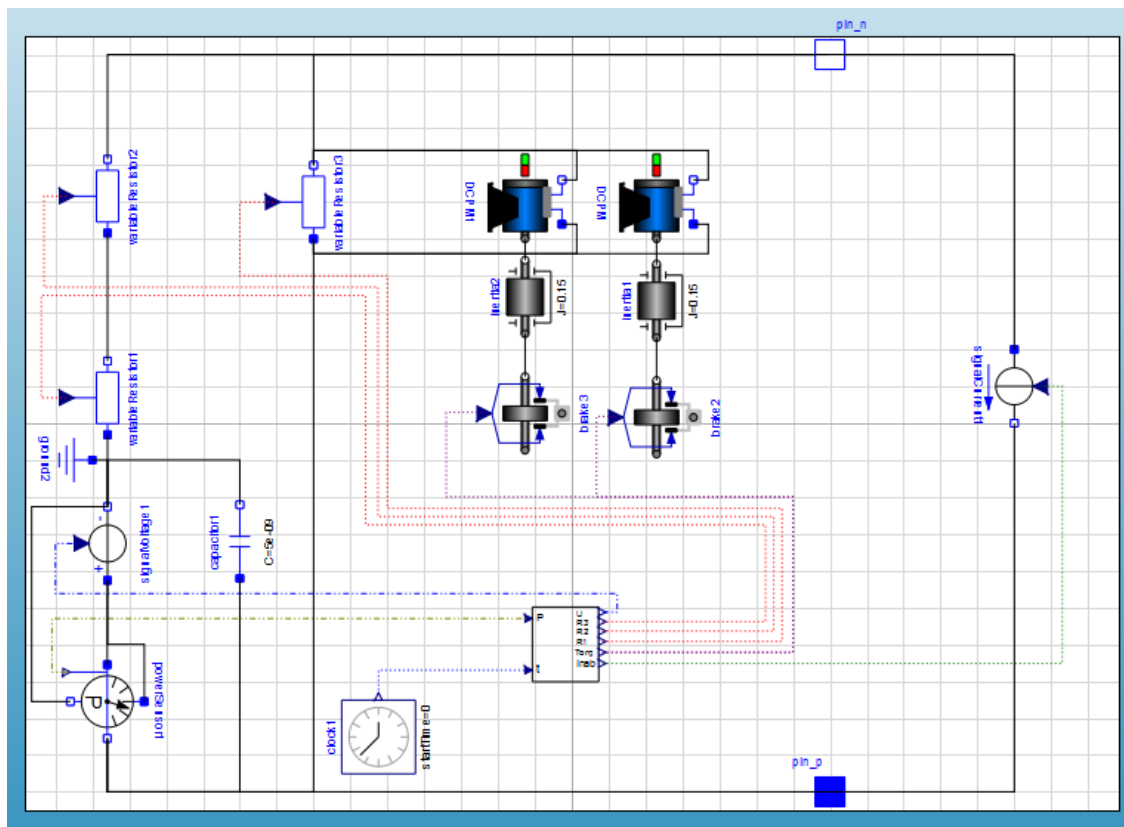
Obrázek 30 Schéma modelu pro vybíjení



### 9.2.4 Schéma modelu pro cyklus kontinuálního nabíjení a vybíjení



Obrázek 31 Calculator - schéma prvku



Obrázek 32 Nakonfigurovaný model Mathmodelica VRB baterie pro oba cykly

## 10 VÝSLEDKY SIMULACÍ

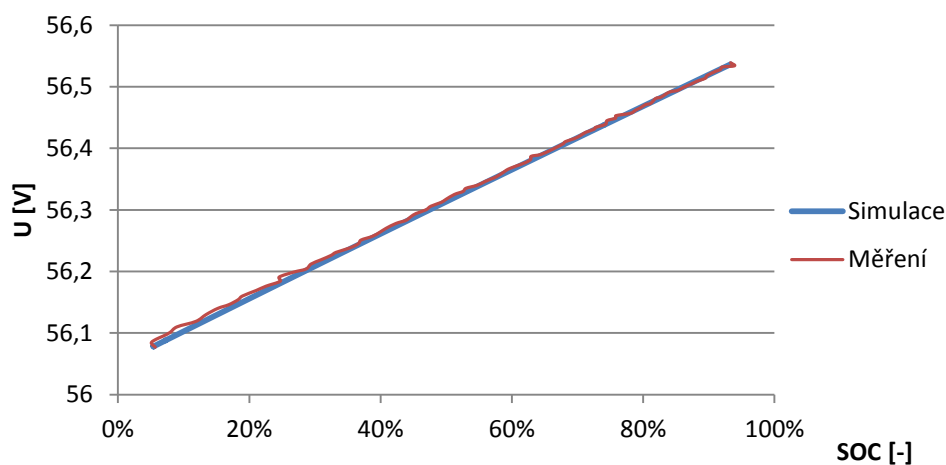
Na následujících stranách si popíšeme výsledky simulace nabíjení a vybíjení vytvořeného modelu VRB baterie. Bohužel musíme brát v potaz, že výsledky jsou aplikovatelné pouze na postup nabíjení a vybíjení při hodnotách použitých při měření a to z důvodů nemožnosti provést více měření baterie, která by poskytla potřebné údaje k posouzení chování baterie.

Jelikož bylo měření při nabíjení a vybíjení v rámci hodin a hodnoty byly zaznamenávány po 5 minutách a reálné průběhy nejsou nikdy dokonale hladké, došlo k rozdílu mezi dobou nabíjení a vybíjení v reálném čase a v simulaci.

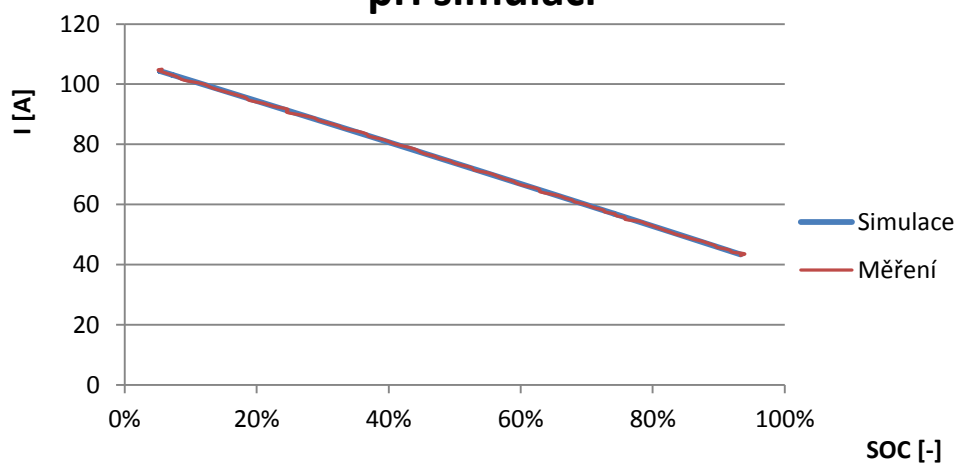
### 10.1 Nabíjení baterie

Na následujících grafech je vidět porovnání průběhů veličin při simulaci a při měření v závislosti na SOC. Jak je vidět průběhy veličin při simulaci jsou totožné s naměřenými hodnotami, kromě závislosti SOC na čase. Tento výsledek se dal očekávat, jelikož byl model vytvořen přímo pro toto měření. Odlišnost časového průběhu SOC vznikla hlavně tím, že kapacita se počítá z proudu vcházejícího do článku, který nebyl změřen, a tak byl průběh ztrát baterie simulován, dle hodnot z měření při vybíjení a poté odhadnut, tak aby časový průběh nabíjení odpovídal reálnému času. Simulovaný průběh nabíjecího proudu vstupujícího do článků je tedy pouhým předpokládaným průběhem v reálném měření.

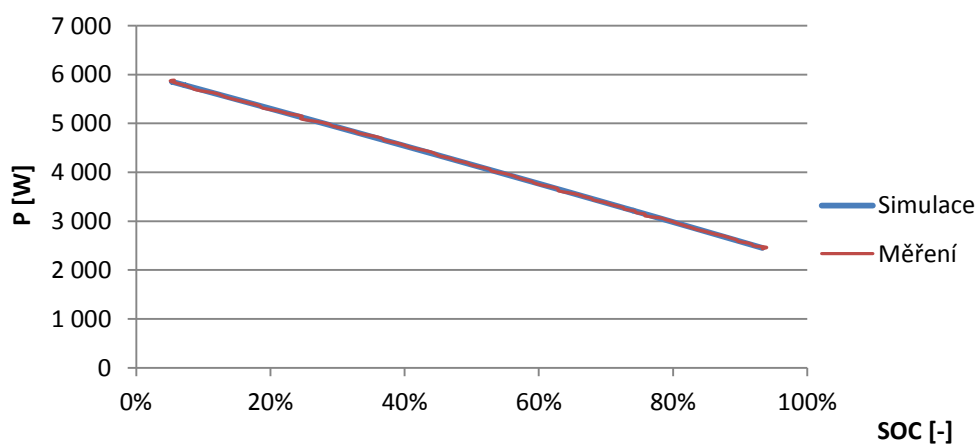
**Průběh napětí při nabíjení při simulaci**



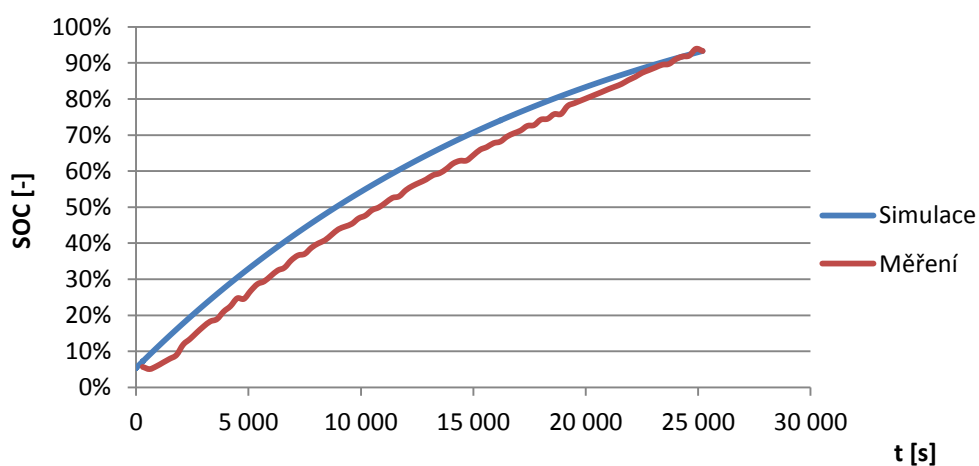
### Průběh nabíjecího proudu při nabíjení při simulaci



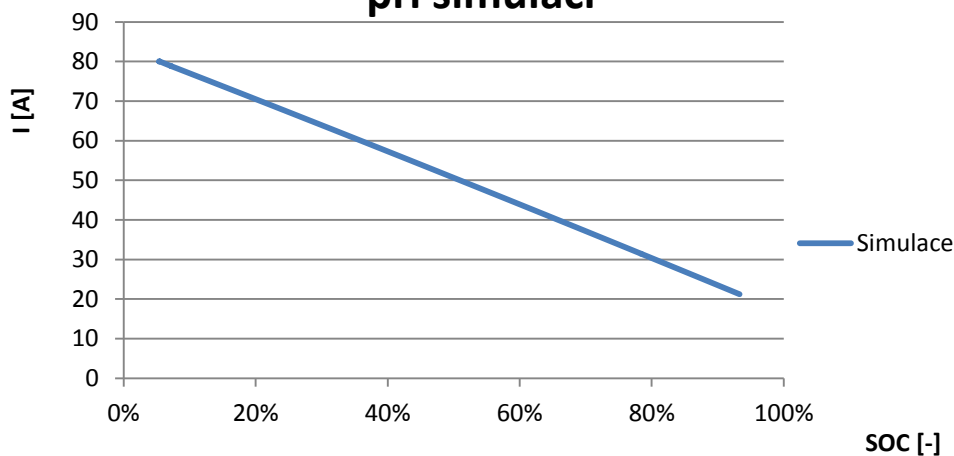
### Průběh výkonu při nabíjení při simulaci



### Průběh SOC při nabíjení při simulaci



### Průběh proudu na článku při nabíjení při simulaci

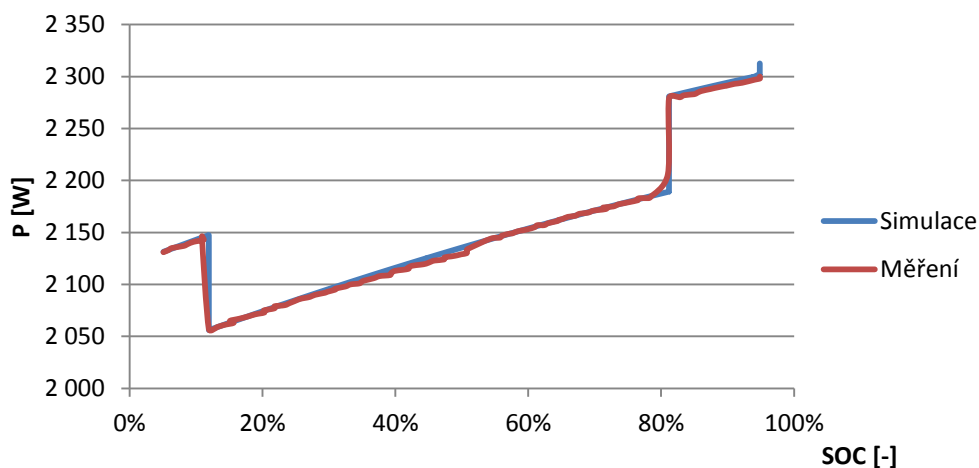


Obrázek 33 Porovnání simulovaných a měřených hodnot pro nabíjení baterie

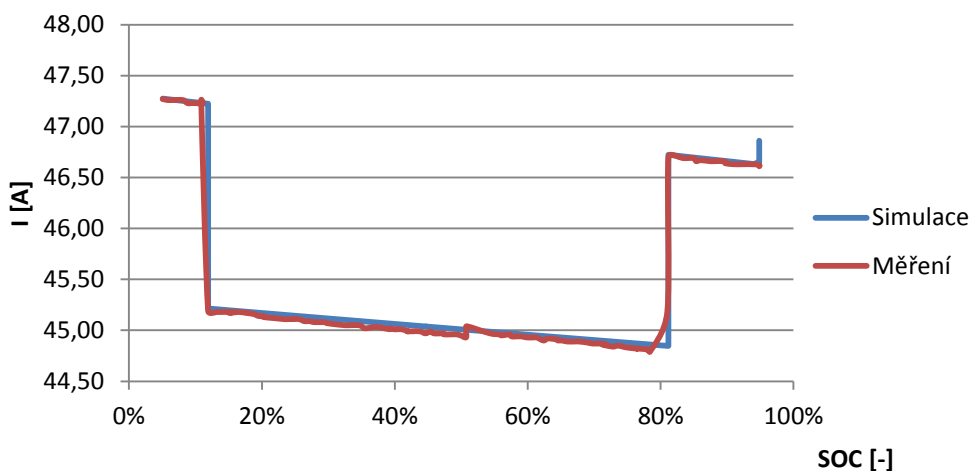
## 10.2 Vybíjení baterie

Na následujících grafech jsou porovnány naměřené hodnoty s hodnotami ze simulace. I když jsou průběhy z měření i simulace tak měř totožné, je zde již vidět, že reálné průběhy nejsou tak vyhlazené. To způsobilo, že se baterie vybíjela pomaleji a proto došlo k vybití v simulaci mnohem dříve. Nevyhlazenost průběhů z měření mohla být způsobena dlouhými intervaly v měření (5 minut) a také možná nestálým výkonem čerpadel.

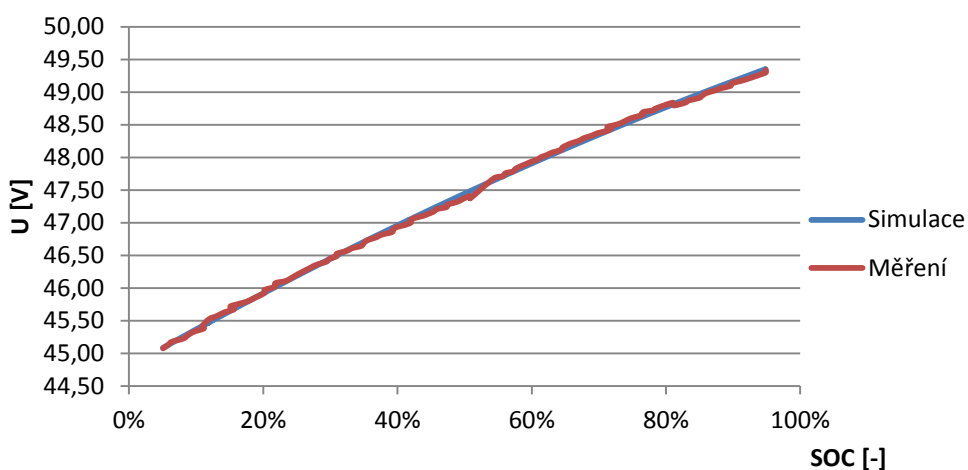
### Průběh výkonu při vybíjení při simulaci



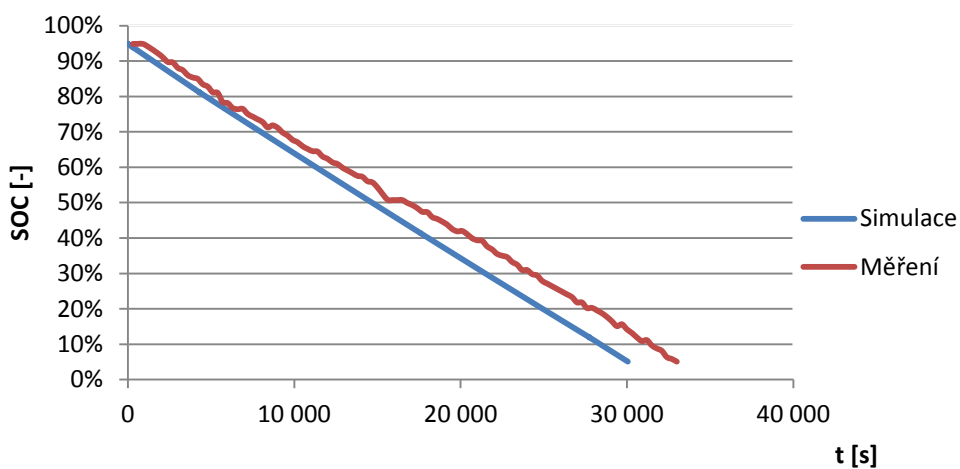
### Průběh proudu při vybíjení při simulaci



### Průběh napětí při vybíjení při simulaci



### Průběh SOC při vybíjení při simulaci



Obrázek 34 Porovnání simulovaných a měřených hodnot pro vybíjení baterie

## **11 NÁVRH SOFTWAREVÉHO ŘÍZENÍ A OCHRAN BATERIE**

Vzhledem k neustále se oddalujícímu termínu předpokládaného měření baterie nám bohužel nezbyl čas na vytvoření systému softwarového řízení baterie a jejího chránění.

## 12 ZÁVĚR

Tato práce se zabývá zjištěním aktuální pozice Vanad-redoxových baterií na trhu s technologiemi pro ukládání elektrické energie. Jelikož náš ústav vlastní jeden exemplář této baterie, rozhodli jsme se vytvořit model, který by mohl sloužit pro simulace práce baterie spolu s ostatními technologiemi na výrobu nebo naopak spotřebu energie.

Jelikož se můj vedoucí práce zabývá simulacemi, rozhodli jsme se model vytvářet v momentálně rychle se rozšiřujícím modelovacím jazyce modelica, který není sice příliš známý, ale mohl by být velice zajímavým a hlavně levným nástrojem pro výuku studentů a nahradil tak programy jako PSCad<sup>®</sup> nebo Matlab Simulink<sup>®</sup>. Tímto programem by mohla být OpenModelica<sup>®</sup>, která je freeware a její distribuce je tedy zdarma.

### 12.1 Současný stav

Situace na trhu s uložišti elektrické energie je stále ve stagnaci, jelikož se ještě neobjevila technologie, která by ekonomicky mohla nahradit stále používané olověné akumulátory. Navzdory tomu však může nové technologie ukládání elektřiny vidět stále častěji. Velkou výhodou průtokových baterií je jejich životnost, která by se mohla stát výhodou v investičních rozhodnutích pro tuto technologii.

S rozmachem obnovitelných zdrojů a jejich přibývajícím vlivem na přenosové a distribuční sítě se jistě bude o bateriích vyhlazujících výkonové křivky mluvit stále častěji. Proto věřím, že má smysl studovat tyto nové technologie a zabývat se jejich začleněním do systémů výroby elektrické energie z obnovitelných zdrojů jako je vítr a sluneční záření.

### 12.2 Shrnutí nových vědeckých poznatků práce

Jelikož se tato práce nezabývala výzkumem nových technologií nebo postupů, nelze od ní očekávat ohromující objevy. Ve své podstatě se jedná o práci, která zhodnotila, jak si stojí daná technologie v porovnání s ostatními a poté se zaměřila na rozbor jejích vlastností s následnou aplikací do virtuálního modelu.

### 12.3 Závěry práce a její přínos

Vlivem aktuálního stěhování ústavu nebylo možné provést měření na baterii, jelikož nebyl dostupný vhodný zdroj pro nabití baterie. Z tohoto důvodu byly k dispozici pouze výsledky jednoho měření, které však neodpovídalo základním potřebám pro vytvoření komplexního modelu. I přesto se nám podařilo vytvořit model, který je schopný prezentovat výsledky v souladu s měřením.

Jelikož se nepodařilo vytvořit model, který by bylo možné použít pro simulaci jiných hodnot, než pro parametry použité při měření, rozhodl jsem se začlenit do práce základní přehled programů pracujících s modelovacím jazykem Modelica a hlavně napsat krátký úvod do modelování v MathModelica. Tento úvod by měl pomoci budoucím uživatelům se rychleji zorientovat s funkcemi a ovládáním programu, které je díky podobnosti možné přenést i na další programy jako OpenModelica<sup>®</sup> apod.

Doufám, že se práce stane podkladem pro další práce, které dokončí rozpracovaný projekt do úspěšného konce.

## 12.4 Návrh dalšího postupu

Jak již bylo zmíněno dalším krokem je zdokonalení stávajícího modelu, rozšíření jeho vlastností a hlavně vypracování jeho závislostí na dalších parametrech jako je nabíjecí napětí, protékající proud, teplota, SOC apod. Zde bych rád uvedl doporučení, začít s měřením, z jehož výsledků získat hlubší povědomí o provozních vlastnostech baterie a jejích parametrů. Z těchto poznatků již lze poté vycházet při modelování a jednotlivé zjištěné závislosti vkládat do modelu. Tímto postupem se ušetří velké množství času, které by zabralo vytváření modelu, který bude nutné na konci přetvořit tak, aby splňoval požadavky na nově získané poznatky.

Další činností by mohl být návrh softwarového řízení baterie, které by bylo možné propojit s modelem a zajistit tak možnost jeho simulování.

Posledním krokem, by byl návrh chránění baterie, který by bylo možné také aplikovat na model.

Po vytvoření kompletního modelu baterie vložení softwarového řízení a hlavně ochran, by vznikl komplexní model celého systému, který by bylo možné používat jistě i ve výuce a mohl by sloužit i k dalšímu výzkumu vlastností baterie VRB.



## POUŽITÁ LITERATURA

### Knižní zdroje

- [1] “Comparison of Storage Technologies for Distributed Resource Applications,” EPRI, Palo Alto, CA, 2003.1007301

### Internetové zdroje

- [2] Beacon power. *Smart Energy 25 Flywheel*. N.p., 2012. Web. 9 Oct. 2012, <http://www.beaconpower.com/products/smart-energy-25.asp>
- [3] DOC. ING. JIŘÍ HAMMERBAUER, PHD., Olověné akumulátory, 60 stran, [online] <http://www.renerga.cz/content/file/AKUMUL%C3%81TORY%20TEORIE%202.PDF>
- [4] DAVID CONNOLLY, *A Review of Energy Storage Technologies*, 10.2010, University of Limerick, Web. 28 Oct. 2012 <http://www.dconnolly.net/files/David%20Connolly,%20UL,%20Energy%20Storage%20Techniques,%20V3.pdf>
- [5] JOHAN H. R. ENSLIN, AND PETER J. M. HESKES, *Harmonic Interaction Between a Large Number of Distributed Power Inverters and the Distribution Network*, NOVEMBER 2004 [http://www.google.cz/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CDAQFjAA&url=http%3A%2F%2Fieeexplore.ieee.org%2Fxppls%2Fabs\\_all.jsp%3Farnumber%3D1353350&ei=8x7uUO3BMcrB0gWbzoCwDA&usg=AFQjCNHHCuwoaSWN5cwASq8KSEm8vdSwWQ&bvm=bv.1357700187,d.d2k](http://www.google.cz/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CDAQFjAA&url=http%3A%2F%2Fieeexplore.ieee.org%2Fxppls%2Fabs_all.jsp%3Farnumber%3D1353350&ei=8x7uUO3BMcrB0gWbzoCwDA&usg=AFQjCNHHCuwoaSWN5cwASq8KSEm8vdSwWQ&bvm=bv.1357700187,d.d2k)
- [6] T. SHIGEMATSU, T. KUMAMOTO, H. DEGUCHI, AND T. HARA, *Applications of a Vanadium Redox-flow Battery to Maintain Power Quality*, Suntitorno Electric Industries, Ltd., Osaka, Japan , 0-7803-7525-4/02/\$17.00 0 2002 IEEE. [http://ieeexplore.ieee.org/xpl/login.jsp?tp=&arnumber=1177625&url=http%3A%2F%2Fieeexplore.ieee.org%2Fxppls%2Fabs\\_all.jsp%3Farnumber%3D1177625](http://ieeexplore.ieee.org/xpl/login.jsp?tp=&arnumber=1177625&url=http%3A%2F%2Fieeexplore.ieee.org%2Fxppls%2Fabs_all.jsp%3Farnumber%3D1177625)
- [7] SHINICHI MIYAKE AND NOBUYUKI TOKUDA, *Vanadium Redox-Flow Battery for a Variety of Applications*, 15 Jul 2001-19 Jul 2001, 0-7803-7173-9/01/\$10.00 © 2001 IEEE [http://ieeexplore.ieee.org/xpl/login.jsp?tp=&arnumber=970067&url=http%3A%2F%2Fieeexplore.ieee.org%2Fxppls%2Fabs\\_all.jsp%3Farnumber%3D970067](http://ieeexplore.ieee.org/xpl/login.jsp?tp=&arnumber=970067&url=http%3A%2F%2Fieeexplore.ieee.org%2Fxppls%2Fabs_all.jsp%3Farnumber%3D970067)
- [8] *Vanadové redoxní baterie*, Sumitomo Electric Ltd., 25.10.2011 [http://japatech.zelenausporam.cz/gallery/0/1036\\_sumitomo\\_electric\\_vanadove\\_redoxni\\_baterie\\_toshio\\_shigematsu.pdf](http://japatech.zelenausporam.cz/gallery/0/1036_sumitomo_electric_vanadove_redoxni_baterie_toshio_shigematsu.pdf)
- [9] TOSHIO SHIGEMATSU , *Redox Flow Battery for Energy Storage*, SEI TECHNICAL REVIEW · NUMBER 73 · OCTOBER 2011 <http://global-sei.com/tr/pdf/special/73-01.pdf>
- [10] TRUNG NGUYEN AND ROBERT F. SAVINELL , *Flow Batteries*, The Electrochemical Society Interface Fall 2010 [http://www.electrochem.org/dl/interface/fal/fal10/fal10\\_p054-056.pdf](http://www.electrochem.org/dl/interface/fal/fal10/fal10_p054-056.pdf)
- [11] ADAM Z. WEBER • MATTHEW M. MENCH , JEREMY P. MEYERS • PHILIP N. ROSS, JEFFREY T. GOSTICK • QINGHUA LIU, *Redox flow batteries: a review*, 12 July Published online:

- 2.September 2011, DOI 10.1007/s10800-011-0348-2  
<http://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2Fs10800-011-0352-6>
- [12] CHRISTIAN BLANC AND ALFRED RUFER (2010), *Understanding the Vanadium Redox Flow Batteries, Paths to Sustainable Energy*, Dr Artie Ng (Ed.), ISBN: 978-953-307-401-6, InTech, Available from:  
[http://cdn.intechopen.com/pdfs/12523/InTech-Understanding\\_the\\_vanadium\\_redox\\_flow\\_batteries.pdf](http://cdn.intechopen.com/pdfs/12523/InTech-Understanding_the_vanadium_redox_flow_batteries.pdf)
- [13] *Vodní Přehrada Dalešice*, 10..12.2012, [ONLINE],  
<http://www.dalesickaprehrada.cz/vodni-elektrarna-dalesice/>
- [14] *Přečerpávací vodní elektrárna Dlouhé Stráně*, 10..12.2012, [ONLINE],  
<http://www.cez.cz/cs/vyroba-elektriny/obnovitelne-zdroje/voda/dlouhe-strane.html>
- [15] *Compersed air energy storage (CAES)*, 2010 DRESSER-RAND. DRESSER-RAND[ONLINE],  
<http://www.dresser-rand.com/literature/general/85164-10-CAES.pdf>
- [16] UNIVERSITY OF CAMBRIDGE, BATTERY, November 2005  
<http://www.doitpoms.ac.uk/tlplib/batteries/index.php>
- [17] *Flywheel storage*, 2013, Beacon Power, [ONLINE]  
<http://www.beaconpower.com/products/about-flywheels.aspx>
- [18] *How does VRB-Energy Storage System work?*, 2007 – 2010 VRB East Europe s.r.o  
<http://www.vrbeasteurope.sk/?level=technologia&lang=en>
- [19] *Jak skladovat elektřinu v moři a pod zemí*, byznys.ihned.cz 25.3.2012, The Economist,  
<http://m.ihned.cz/c1-55152770-jak-zabalit-elektřinu>
- [20] Prudent Energy VRB® Systems.2012,[ Online]  
<http://www.pdenergy.com/>
- [21] KOFRÁNEK, CSC, Doc. MUDR. JIŘÍ. *Oddělení biokybernetiky a počítačové podpory výuky, Modelica* [online]. [cit. 2013-05-04]. Dostupné z:  
[http://creativeconnections.cz/medsoft/2013/Medsoft\\_2013\\_Kofranek2.pdf](http://creativeconnections.cz/medsoft/2013/Medsoft_2013_Kofranek2.pdf)
- [22] BAROTE, L.; MARINESCU, C.; GEORGESCU, M., "VRB modeling for storage in stand-alone wind energy systems," *PowerTech, 2009 IEEE Bucharest* , vol., no., pp.1,6, June 28 2009-July 2 2009, DOI: 10.1109/PTC.2009.5281922  
<http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=5281922&isnumber=5281781>

## Články

## PŘÍLOHA A - ZMĚŘENÉ HODNOTY PŘI NABÍJENÍ BATERIE

Čas [min]	Čas [s]	Udc1 [V]	Udc2 [V]	Udc3 [V]	SOC [%]	Idc1 [A]	P1 [W]
0:05:00	300	56,077	1,361	0,568	5,68%	104,98	5 887
0:10:00	600	56,084	1,362	0,507	5,07%	104,70	5 872
0:15:00	900	56,090	1,364	0,583	5,83%	103,98	5 832
0:20:00	1 200	56,095	1,364	0,688	6,88%	103,27	5 793
0:25:00	1 500	56,101	1,365	0,793	7,93%	102,45	5 747
0:30:00	1 800	56,110	1,367	0,899	8,99%	101,34	5 686
0:35:00	2 100	56,119	1,370	1,189	11,89%	100,07	5 616
0:40:00	2 400	56,130	1,373	1,342	13,42%	98,64	5 537
0:45:00	2 700	56,140	1,375	1,52	15,20%	97,51	5 474
0:50:00	3 000	56,146	1,377	1,688	16,88%	96,49	5 417
0:55:00	3 300	56,154	1,379	1,829	18,29%	95,56	5 366
1:00:00	3 600	56,160	1,381	1,894	18,94%	94,58	5 312
1:05:00	3 900	56,169	1,383	2,104	21,04%	93,63	5 259
1:10:00	4 200	56,176	1,385	2,253	22,53%	92,66	5 205
1:15:00	4 500	56,184	1,387	2,471	24,71%	91,65	5 149
1:20:00	4 800	56,191	1,389	2,456	24,56%	90,65	5 094
1:25:00	5 100	56,199	1,391	2,679	26,79%	89,70	5 041
1:30:00	5 400	56,204	1,392	2,865	28,65%	88,80	4 991
1:35:00	5 700	56,212	1,394	2,941	29,41%	87,94	4 943
1:40:00	6 000	56,219	1,396	3,094	30,94%	87,04	4 893
1:45:00	6 300	56,226	1,398	3,244	32,44%	86,12	4 842
1:50:00	6 600	56,231	1,399	3,321	33,21%	85,31	4 797
1:55:00	6 900	56,238	1,401	3,525	35,25%	84,37	4 745
2:00:00	7 200	56,245	1,403	3,661	36,61%	83,48	4 695
2:05:00	7 500	56,251	1,404	3,702	37,02%	82,67	4 650
2:10:00	7 800	56,257	1,406	3,874	38,74%	81,82	4 603
2:15:00	8 100	56,264	1,408	3,993	39,93%	80,97	4 556
2:20:00	8 400	56,270	1,409	4,083	40,83%	80,19	4 512
2:25:00	8 700	56,278	1,410	4,235	42,35%	79,36	4 466
2:30:00	9 000	56,283	1,412	4,386	43,86%	78,51	4 419
2:35:00	9 300	56,289	1,413	4,462	44,62%	77,72	4 375
2:40:00	9 600	56,294	1,415	4,538	45,38%	76,91	4 330
2:45:00	9 900	56,300	1,416	4,689	46,89%	76,11	4 285
2:50:00	10 200	56,306	1,418	4,767	47,67%	75,36	4 243
2:55:00	10 500	56,312	1,419	4,919	49,19%	74,55	4 198
3:00:00	10 800	56,317	1,421	4,994	49,94%	73,74	4 153
3:05:00	11 100	56,325	1,423	5,123	51,23%	72,99	4 111
3:10:00	11 400	56,330	1,424	5,256	52,56%	72,23	4 069
3:15:00	11 700	56,335	1,425	5,299	52,99%	71,42	4 024
3:20:00	12 000	56,340	1,427	5,471	54,71%	70,68	3 982
3:25:00	12 300	56,346	1,428	5,589	55,89%	69,95	3 942
3:30:00	12 600	56,350	1,429	5,678	56,78%	69,13	3 896

3:35:00	12 900	56,354	1,431	5,766	57,66%	68,44	3 857
3:40:00	13 200	56,362	1,432	5,884	58,84%	67,73	3 817
3:45:00	13 500	56,366	1,433	5,941	59,41%	67,02	3 778
3:50:00	13 800	56,371	1,435	6,059	60,59%	66,24	3 734
3:55:00	14 100	56,377	1,436	6,21	62,10%	65,53	3 694
4:00:00	14 400	56,382	1,438	6,286	62,86%	64,92	3 660
4:05:00	14 700	56,387	1,439	6,293	62,93%	64,20	3 620
4:10:00	15 000	56,390	1,440	6,44	64,40%	63,53	3 583
4:15:00	15 300	56,397	1,441	6,591	65,91%	62,82	3 543
4:20:00	15 600	56,401	1,442	6,667	66,67%	62,12	3 504
4:25:00	15 900	56,407	1,444	6,775	67,75%	61,50	3 469
4:30:00	16 200	56,411	1,445	6,818	68,18%	60,85	3 433
4:35:00	16 500	56,416	1,446	6,957	69,57%	60,17	3 394
4:40:00	16 800	56,421	1,448	7,048	70,48%	59,48	3 356
4:45:00	17 100	56,426	1,449	7,124	71,24%	58,85	3 321
4:50:00	17 400	56,431	1,450	7,253	72,53%	58,14	3 281
4:55:00	17 700	56,434	1,451	7,275	72,75%	57,52	3 246
5:00:00	18 000	56,439	1,453	7,427	74,27%	56,85	3 209
5:05:00	18 300	56,445	1,454	7,449	74,49%	56,25	3 175
5:10:00	18 600	56,449	1,455	7,581	75,81%	55,71	3 145
5:15:00	18 900	56,453	1,456	7,584	75,84%	55,03	3 107
5:20:00	19 200	56,457	1,457	7,809	78,09%	54,35	3 068
5:25:00	19 500	56,462	1,458	7,885	78,85%	53,71	3 033
5:30:00	19 800	56,466	1,459	7,961	79,61%	53,20	3 004
5:35:00	20 100	56,471	1,460	8,037	80,37%	52,57	2 969
5:40:00	20 400	56,473	1,462	8,114	81,14%	51,98	2 935
5:45:00	20 700	56,481	1,463	8,19	81,90%	51,36	2 901
5:50:00	21 000	56,483	1,464	8,27	82,70%	50,79	2 869
5:55:00	21 300	56,488	1,465	8,342	83,42%	50,17	2 834
6:00:00	21 600	56,492	1,466	8,418	84,18%	49,73	2 809
6:05:00	21 900	56,494	1,467	8,525	85,25%	49,08	2 773
6:10:00	22 200	56,499	1,468	8,613	86,13%	48,48	2 739
6:15:00	22 500	56,504	1,469	8,723	87,23%	47,92	2 708
6:20:00	22 800	56,508	1,470	8,799	87,99%	47,41	2 679
6:25:00	23 100	56,511	1,471	8,874	88,74%	46,85	2 648
6:30:00	23 400	56,514	1,473	8,95	89,50%	46,27	2 615
6:35:00	23 700	56,518	1,473	8,971	89,71%	45,75	2 586
6:40:00	24 000	56,525	1,474	9,102	91,02%	45,22	2 556
6:45:00	24 300	56,528	1,475	9,177	91,77%	44,67	2 525
6:50:00	24 600	56,532	1,476	9,201	92,01%	44,14	2 495
6:55:00	24 900	56,534	1,478	9,391	93,91%	43,62	2 466
7:00:00	25 200	56,539	1,479	9,331	93,31%	43,06	2 435

## PŘÍLOHA B – ZMĚŘENÉ HODNOTY PŘI VYBÍJENÍ BATERIE

Čas [min]	Čas [s]	Udc1 [V]	Udc2 [V]	Udc3 [V]	SOC [%]	Idc1 [A]	P1 [W]
0:05:00	300	49,337	1,483	9,486	94,86%	46,62	2 300
0:10:00	600	49,329	1,482	9,486	94,86%	46,61	2 299
0:15:00	900	49,300	1,481	9,486	94,86%	46,62	2 298
0:20:00	1 200	49,270	1,479	9,410	94,10%	46,63	2 297
0:30:00	1 800	49,203	1,477	9,220	92,20%	46,63	2 294
0:35:00	2 100	49,167	1,476	9,105	91,05%	46,63	2 293
0:40:00	2 400	49,132	1,475	8,973	89,73%	46,64	2 291
0:45:00	2 700	49,095	1,473	8,962	89,62%	46,66	2 291
0:50:00	3 000	49,056	1,472	8,808	88,08%	46,66	2 289
0:55:00	3 300	49,028	1,471	8,743	87,43%	46,66	2 288
1:00:00	3 600	48,985	1,470	8,601	86,01%	46,67	2 286
1:05:00	3 900	48,942	1,468	8,535	85,35%	46,66	2 284
1:10:00	4 200	48,911	1,467	8,497	84,97%	46,69	2 283
1:15:00	4 500	48,873	1,466	8,345	83,45%	46,69	2 282
1:20:00	4 800	48,835	1,465	8,279	82,79%	46,70	2 280
1:25:00	5 100	48,795	1,463	8,118	81,18%	46,70	2 279
1:30:00	5 400	48,838	1,462	8,101	81,01%	45,18	2 206
1:35:00	5 700	48,746	1,459	7,840	78,40%	44,79	2 184
1:40:00	6 000	48,720	1,458	7,813	78,13%	44,81	2 183
1:45:00	6 300	48,699	1,458	7,674	76,74%	44,82	2 183
1:50:00	6 600	48,672	1,457	7,639	76,39%	44,82	2 182
1:55:00	6 900	48,649	1,456	7,650	76,50%	44,82	2 181
2:00:00	7 200	48,609	1,455	7,506	75,06%	44,83	2 179
2:05:00	7 500	48,578	1,454	7,430	74,30%	44,84	2 178
2:10:00	7 800	48,538	1,453	7,354	73,54%	44,85	2 177
2:15:00	8 100	48,507	1,452	7,278	72,78%	44,84	2 175
2:20:00	8 400	48,466	1,450	7,127	71,27%	44,86	2 174
2:25:00	8 700	48,440	1,449	7,183	71,83%	44,86	2 173
2:30:00	9 000	48,406	1,448	7,117	71,17%	44,87	2 172
2:35:00	9 300	48,371	1,447	6,980	69,80%	44,87	2 171
2:40:00	9 600	48,334	1,446	6,897	68,97%	44,88	2 169
2:45:00	9 900	48,293	1,445	6,772	67,72%	44,89	2 168
2:50:00	10 200	48,255	1,444	6,707	67,07%	44,89	2 166
2:55:00	10 500	48,218	1,443	6,594	65,94%	44,89	2 165
3:00:00	10 800	48,185	1,442	6,518	65,18%	44,90	2 163
3:05:00	11 100	48,148	1,440	6,453	64,53%	44,90	2 162
3:10:00	11 400	48,116	1,439	6,443	64,43%	44,91	2 161
3:15:00	11 700	48,075	1,438	6,304	63,04%	44,92	2 159
3:20:00	12 000	48,042	1,437	6,239	62,39%	44,90	2 157
3:25:00	12 300	48,003	1,436	6,137	61,37%	44,93	2 157
3:30:00	12 600	47,973	1,435	6,093	60,93%	44,93	2 155
3:35:00	12 900	47,931	1,434	5,986	59,86%	44,93	2 153

3:40:00	13 200	47,897	1,433	5,910	59,10%	44,94	2 152
3:45:00	13 500	47,863	1,431	5,832	58,32%	44,94	2 151
3:50:00	13 800	47,824	1,431	5,756	57,56%	44,94	2 149
3:55:00	14 100	47,788	1,430	5,731	57,31%	44,96	2 149
4:00:00	14 400	47,756	1,429	5,605	56,05%	44,95	2 147
4:05:00	14 700	47,710	1,428	5,573	55,73%	44,96	2 145
4:10:00	15 000	47,677	1,426	5,432	54,32%	44,97	2 144
4:20:00	15 600	47,374	1,423	5,085	50,85%	45,04	2 134
4:25:00	15 900	47,400	1,424	5,073	50,73%	45,01	2 133
4:30:00	16 200	47,381	1,423	5,073	50,73%	44,99	2 132
4:35:00	16 500	47,406	1,421	5,072	50,72%	44,93	2 130
4:40:00	16 800	47,372	1,420	4,991	49,91%	44,95	2 129
4:45:00	17 100	47,337	1,420	4,930	49,30%	44,96	2 128
4:50:00	17 400	47,305	1,419	4,844	48,44%	44,96	2 127
4:55:00	17 700	47,274	1,417	4,739	47,39%	44,96	2 126
5:00:00	18 000	47,239	1,417	4,731	47,31%	44,97	2 124
5:05:00	18 300	47,208	1,416	4,589	45,89%	44,97	2 123
5:10:00	18 600	47,170	1,415	4,539	45,39%	44,99	2 122
5:15:00	18 900	47,137	1,414	4,463	44,63%	44,97	2 120
5:20:00	19 200	47,103	1,413	4,377	43,77%	44,99	2 119
5:25:00	19 500	47,071	1,412	4,253	42,53%	44,99	2 118
5:30:00	19 800	47,032	1,410	4,188	41,88%	44,99	2 116
5:35:00	20 100	47,001	1,410	4,199	41,99%	44,99	2 115
5:40:00	20 400	46,964	1,409	4,107	41,07%	45,01	2 114
5:45:00	20 700	46,933	1,408	3,991	39,91%	45,01	2 113
5:50:00	21 000	46,895	1,407	3,936	39,36%	45,02	2 111
5:55:00	21 300	46,857	1,406	3,921	39,21%	45,01	2 109
6:00:00	21 600	46,816	1,404	3,762	37,62%	45,03	2 108
6:05:00	21 900	46,773	1,403	3,676	36,76%	45,03	2 106
6:10:00	22 200	46,732	1,402	3,550	35,50%	45,02	2 104
6:15:00	22 500	46,692	1,401	3,501	35,01%	45,04	2 103
6:20:00	22 800	46,644	1,400	3,459	34,59%	45,05	2 101
6:25:00	23 100	46,609	1,398	3,323	33,23%	45,05	2 100
6:30:00	23 400	46,570	1,398	3,247	32,47%	45,05	2 098
6:35:00	23 700	46,526	1,397	3,095	30,95%	45,06	2 096
6:40:00	24 000	46,488	1,395	3,095	30,95%	45,06	2 095
6:45:00	24 300	46,441	1,394	2,979	29,79%	45,07	2 093
6:50:00	24 600	46,403	1,393	2,941	29,41%	45,08	2 092
6:55:00	24 900	46,356	1,392	2,790	27,90%	45,08	2 090
7:00:00	25 200	46,316	1,391	2,714	27,14%	45,09	2 088
7:05:00	25 500	46,277	1,390	2,638	26,38%	45,09	2 087
7:10:00	25 800	46,236	1,389	2,561	25,61%	45,11	2 086
7:15:00	26 100	46,194	1,387	2,485	24,85%	45,11	2 084
7:20:00	26 400	46,146	1,386	2,407	24,07%	45,11	2 082
7:25:00	26 700	46,107	1,385	2,332	23,32%	45,11	2 080
7:30:00	27 000	46,075	1,384	2,180	21,80%	45,12	2 079

7:35:00	27 300	46,022	1,383	2,180	21,80%	45,12	2 077
7:40:00	27 600	45,972	1,382	2,020	20,20%	45,13	2 075
7:45:00	27 900	45,935	1,381	2,029	20,29%	45,14	2 073
7:50:00	28 200	45,887	1,380	1,953	19,53%	45,14	2 072
7:55:00	28 500	45,851	1,379	1,875	18,75%	45,16	2 071
8:00:00	28 800	45,798	1,377	1,771	17,71%	45,17	2 069
8:05:00	29 100	45,761	1,376	1,647	16,47%	45,18	2 067
8:10:00	29 400	45,718	1,375	1,509	15,09%	45,17	2 065
8:15:00	29 700	45,674	1,374	1,564	15,64%	45,18	2 063
8:20:00	30 000	45,628	1,373	1,420	14,20%	45,18	2 061
8:25:00	30 300	45,575	1,372	1,317	13,17%	45,18	2 059
8:30:00	30 600	45,522	1,370	1,191	11,91%	45,19	2 057
8:35:00	30 900	45,411	1,369	1,087	10,87%	47,26	2 146
8:40:00	31 200	45,381	1,369	1,115	11,15%	47,23	2 143
8:45:00	31 500	45,329	1,367	0,963	9,63%	47,23	2 141
8:50:00	31 800	45,280	1,366	0,880	8,80%	47,23	2 139
8:55:00	32 100	45,227	1,365	0,812	8,12%	47,26	2 137
9:00:00	32 400	45,176	1,364	0,634	6,34%	47,26	2 135
9:05:00	32 700	45,127	1,362	0,583	5,83%	47,26	2 133
9:10:00	33 000	45,076	1,361	0,507	5,07%	47,27	2 131

## PŘÍLOHA C – VÝSLEDKY SIMULACE PRO NABÍJENÍ

Nabíjení					
Čas	SOC	U	I <sub>vstup</sub>	P vstup	I <sub>člásku</sub>
[s]	[%]	[V]	[A]	[W]	[A]
0,48	5,36%	56,08	104,36	5 852,44	1,37
0,50	5,36%	56,08	104,36	5 852,44	8,72
0,52	5,36%	56,08	104,36	5 852,44	15,39
0,54	5,36%	56,08	104,36	5 852,44	21,44
0,56	5,36%	56,08	104,36	5 852,44	26,92
0,58	5,36%	56,08	104,36	5 852,44	31,89
0,59	5,36%	56,08	104,36	5 852,44	36,40
0,61	5,36%	56,08	104,36	5 852,44	40,48
0,63	5,36%	56,08	104,36	5 852,43	44,19
0,65	5,36%	56,08	104,36	5 852,43	47,54
0,67	5,36%	56,08	104,36	5 852,43	50,59
0,69	5,36%	56,08	104,36	5 852,43	53,35
0,71	5,36%	56,08	104,36	5 852,42	55,85
0,73	5,36%	56,08	104,36	5 852,42	58,11
0,74	5,36%	56,08	104,36	5 852,42	60,17
0,76	5,36%	56,08	104,36	5 852,41	62,03
0,78	5,36%	56,08	104,36	5 852,41	63,72
0,80	5,36%	56,08	104,36	5 852,41	65,25
0,82	5,36%	56,08	104,36	5 852,40	66,64
0,84	5,36%	56,08	104,36	5 852,40	67,90
0,86	5,36%	56,08	104,36	5 852,40	69,04
0,88	5,36%	56,08	104,36	5 852,39	70,07
0,89	5,36%	56,08	104,36	5 852,39	71,01
0,91	5,36%	56,08	104,36	5 852,38	71,86
0,93	5,36%	56,08	104,36	5 852,38	72,63
0,95	5,36%	56,08	104,36	5 852,38	73,33
0,97	5,36%	56,08	104,36	5 852,37	73,96
0,99	5,36%	56,08	104,36	5 852,37	74,54
1,01	5,36%	56,08	104,36	5 852,36	75,06
1,03	5,36%	56,08	104,36	5 852,36	75,53
1,04	5,36%	56,08	104,36	5 852,36	75,96
1,06	5,36%	56,08	104,36	5 852,35	76,34
1,08	5,36%	56,08	104,36	5 852,35	76,70
1,10	5,36%	56,08	104,36	5 852,34	77,01
1,12	5,36%	56,08	104,36	5 852,34	77,30
1,14	5,36%	56,08	104,36	5 852,33	77,56
1,16	5,36%	56,08	104,36	5 852,33	77,80
1,18	5,36%	56,08	104,36	5 852,33	78,02
1,20	5,36%	56,08	104,36	5 852,32	78,21
1,21	5,36%	56,08	104,36	5 852,32	78,39
1,25	5,36%	56,08	104,36	5 852,31	78,69
1,29	5,36%	56,08	104,36	5 852,30	78,92
1,32	5,36%	56,08	104,36	5 852,29	79,10
1,35	5,36%	56,08	104,36	5 852,29	79,25
1,38	5,36%	56,08	104,36	5 852,28	79,38
1,41	5,37%	56,08	104,36	5 852,27	79,49
1,44	5,37%	56,08	104,36	5 852,26	79,58
1,47	5,37%	56,08	104,36	5 852,26	79,66
1,51	5,37%	56,08	104,36	5 852,25	79,73
1,54	5,37%	56,08	104,36	5 852,24	79,79
1,57	5,37%	56,08	104,36	5 852,24	79,83

Vybíjení				
Čas	SOC	U	I <sub>vstup</sub>	P vstup
[s]	[%]	[V]	[A]	[W]
1,56	95%	49,35	46,86	2 312,62
1,59	95%	49,35	46,83	2 311,17
1,62	95%	49,35	46,81	2 309,93
1,65	95%	49,35	46,78	2 308,86
1,68	95%	49,35	46,77	2 307,94
1,71	95%	49,35	46,75	2 307,15
1,74	95%	49,35	46,74	2 306,47
1,77	95%	49,35	46,72	2 305,89
1,80	95%	49,35	46,71	2 305,39
1,83	95%	49,35	46,71	2 304,96
1,86	95%	49,35	46,70	2 304,59
1,88	95%	49,35	46,69	2 304,27
1,91	95%	49,35	46,69	2 304,00
1,94	95%	49,35	46,68	2 303,76
1,97	95%	49,35	46,68	2 303,56
2,03	95%	49,35	46,67	2 303,24
2,08	95%	49,35	46,67	2 303,02
2,13	95%	49,35	46,66	2 302,86
2,18	95%	49,35	46,66	2 302,74
2,23	95%	49,35	46,66	2 302,64
2,28	95%	49,35	46,66	2 302,57
2,31	95%	49,35	46,66	2 302,54
2,31	95%	49,35	46,66	2 302,54
2,31	95%	49,35	46,66	2 302,54
2,31	95%	49,35	46,66	2 302,54
2,32	95%	49,35	46,66	2 302,53
2,35	95%	49,35	46,66	2 302,50
2,37	95%	49,35	46,66	2 302,48
2,40	95%	49,35	46,66	2 302,46
2,43	95%	49,35	46,65	2 302,44
2,46	95%	49,35	46,65	2 302,42
2,51	95%	49,35	46,65	2 302,40
2,56	95%	49,35	46,65	2 302,38
2,61	95%	49,35	46,65	2 302,37
2,66	95%	49,35	46,65	2 302,36
2,71	95%	49,35	46,65	2 302,35
2,76	95%	49,35	46,65	2 302,34
2,81	95%	49,35	46,65	2 302,34
2,86	95%	49,35	46,65	2 302,33
2,96	95%	49,35	46,65	2 302,33
3,05	95%	49,35	46,65	2 302,33
3,17	95%	49,35	46,65	2 302,32
3,29	95%	49,35	46,65	2 302,32
3,40	95%	49,35	46,65	2 302,32
3,51	95%	49,35	46,65	2 302,32
3,62	95%	49,35	46,65	2 302,32
3,84	95%	49,35	46,65	2 302,31
4,06	95%	49,35	46,65	2 302,31
4,50	95%	49,35	46,65	2 302,31
4,95	95%	49,35	46,65	2 302,30
5,39	95%	49,35	46,65	2 302,30



1,60	5,37%	56,08	104,36	5 852,23	79,88
1,63	5,37%	56,08	104,36	5 852,22	79,91
1,66	5,37%	56,08	104,36	5 852,21	79,94
1,70	5,37%	56,08	104,36	5 852,21	79,96
1,73	5,37%	56,08	104,36	5 852,20	79,99
1,76	5,37%	56,08	104,36	5 852,19	80,00
1,79	5,37%	56,08	104,36	5 852,18	80,02
1,82	5,37%	56,08	104,36	5 852,18	80,03
1,85	5,37%	56,08	104,36	5 852,17	80,04
1,88	5,37%	56,08	104,36	5 852,16	80,05
1,95	5,37%	56,08	104,36	5 852,15	80,07
2,01	5,37%	56,08	104,36	5 852,13	80,08
2,07	5,37%	56,08	104,36	5 852,12	80,08
2,14	5,37%	56,08	104,36	5 852,10	80,09
2,20	5,37%	56,08	104,36	5 852,09	80,09
2,26	5,37%	56,08	104,36	5 852,07	80,09
2,33	5,37%	56,08	104,36	5 852,06	80,10
2,39	5,37%	56,08	104,36	5 852,04	80,10
2,45	5,37%	56,08	104,36	5 852,03	80,10
2,51	5,37%	56,08	104,35	5 852,02	80,10
2,58	5,37%	56,08	104,35	5 852,00	80,10
2,64	5,37%	56,08	104,35	5 851,99	80,10
2,70	5,37%	56,08	104,35	5 851,97	80,10
2,77	5,37%	56,08	104,35	5 851,96	80,10
2,83	5,37%	56,08	104,35	5 851,94	80,10
2,96	5,37%	56,08	104,35	5 851,91	80,10
3,08	5,38%	56,08	104,35	5 851,88	80,10
3,21	5,38%	56,08	104,35	5 851,85	80,10
3,33	5,38%	56,08	104,35	5 851,82	80,10
3,46	5,38%	56,08	104,35	5 851,79	80,10
3,59	5,38%	56,08	104,35	5 851,77	80,10
3,71	5,38%	56,08	104,35	5 851,74	80,10
3,96	5,38%	56,08	104,35	5 851,68	80,09
4,22	5,38%	56,08	104,35	5 851,62	80,09
4,47	5,38%	56,08	104,35	5 851,56	80,09
4,72	5,39%	56,08	104,35	5 851,50	80,09
5,22	5,39%	56,08	104,34	5 851,38	80,09
5,73	5,39%	56,08	104,34	5 851,27	80,09
6,74	5,40%	56,08	104,34	5 851,03	80,08
8,75	5,41%	56,08	104,33	5 850,56	80,07
10,57	5,42%	56,08	104,32	5 850,14	80,07
14,19	5,44%	56,08	104,31	5 849,29	80,05
17,82	5,47%	56,08	104,29	5 848,45	80,03
21,45	5,49%	56,08	104,28	5 847,60	80,02
28,71	5,54%	56,08	104,24	5 845,92	79,99
43,23	5,63%	56,08	104,18	5 842,54	79,93
72,26	5,81%	56,08	104,06	5 835,79	79,80
102,26	5,99%	56,08	103,94	5 828,83	79,68
132,26	6,18%	56,08	103,81	5 821,88	79,55
162,26	6,36%	56,08	103,68	5 814,94	79,42
192,26	6,55%	56,08	103,56	5 808,01	79,30
222,26	6,74%	56,09	103,43	5 801,09	79,17
252,26	6,92%	56,09	103,31	5 794,17	79,04
282,26	7,10%	56,09	103,18	5 787,27	78,92
300,00	7,21%	56,09	103,11	5 783,19	78,84
300,00	7,21%	56,09	103,11	5 783,19	78,84
300,12	7,21%	56,09	103,11	5 783,17	78,84

6,28	95%	49,35	46,65	2 302,29
8,05	95%	49,35	46,65	2 302,27
9,82	95%	49,35	46,65	2 302,26
13,36	95%	49,35	46,65	2 302,22
20,45	95%	49,35	46,65	2 302,16
34,63	95%	49,35	46,65	2 302,02
62,99	95%	49,34	46,65	2 301,75
97,99	95%	49,34	46,65	2 301,42
132,99	94%	49,33	46,64	2 301,09
167,99	94%	49,33	46,64	2 300,76
202,99	94%	49,33	46,64	2 300,43
237,99	94%	49,32	46,63	2 300,10
272,99	94%	49,32	46,63	2 299,77
300,00	94%	49,31	46,63	2 299,51
300,00	94%	49,31	46,63	2 299,51
300,14	94%	49,31	46,63	2 299,58
300,17	94%	49,31	46,63	2 299,60
300,18	94%	49,31	46,63	2 299,60
300,20	94%	49,31	46,63	2 299,61
300,22	94%	49,31	46,63	2 299,62
300,25	94%	49,31	46,63	2 299,63
300,28	94%	49,31	46,63	2 299,64
300,31	94%	49,31	46,63	2 299,65
300,36	94%	49,31	46,63	2 299,66
300,40	94%	49,31	46,63	2 299,67
300,44	94%	49,31	46,63	2 299,67
300,49	94%	49,31	46,63	2 299,68
300,57	94%	49,31	46,63	2 299,69
300,65	94%	49,31	46,63	2 299,69
300,73	94%	49,31	46,63	2 299,70
300,81	94%	49,31	46,63	2 299,70
300,89	94%	49,31	46,63	2 299,70
300,97	94%	49,31	46,63	2 299,70
301,04	94%	49,31	46,63	2 299,70
301,12	94%	49,31	46,63	2 299,70
301,28	94%	49,31	46,63	2 299,70
301,44	94%	49,31	46,63	2 299,70
301,59	94%	49,31	46,63	2 299,70
301,75	94%	49,31	46,63	2 299,70
302,06	94%	49,31	46,63	2 299,70
302,69	94%	49,31	46,63	2 299,70
303,32	94%	49,31	46,63	2 299,69
304,57	94%	49,31	46,63	2 299,69
307,08	94%	49,31	46,63	2 299,68
312,10	94%	49,31	46,63	2 299,65
322,14	94%	49,31	46,63	2 299,61
332,18	94%	49,31	46,63	2 299,56
342,21	94%	49,31	46,63	2 299,52
362,29	94%	49,31	46,63	2 299,43
382,36	94%	49,30	46,64	2 299,34
402,44	94%	49,30	46,64	2 299,25
437,44	93%	49,30	46,64	2 299,09
472,44	93%	49,29	46,64	2 298,93
507,44	93%	49,29	46,64	2 298,77
542,44	93%	49,29	46,64	2 298,61
577,44	93%	49,28	46,64	2 298,45
612,44	93%	49,28	46,64	2 298,29

300,15	7,21%	56,09	103,11	5 783,16	78,84
300,17	7,21%	56,09	103,11	5 783,16	78,85
300,19	7,21%	56,09	103,11	5 783,15	78,85
300,21	7,21%	56,09	103,11	5 783,15	78,85
300,25	7,22%	56,09	103,11	5 783,14	78,85
300,29	7,22%	56,09	103,11	5 783,13	78,85
300,33	7,22%	56,09	103,11	5 783,12	78,85
300,39	7,22%	56,09	103,11	5 783,10	78,85
300,45	7,22%	56,09	103,11	5 783,09	78,85
300,49	7,22%	56,09	103,11	5 783,08	78,85
300,49	7,22%	56,09	103,11	5 783,08	78,85
300,55	7,22%	56,09	103,11	5 783,07	78,85
300,67	7,22%	56,09	103,11	5 783,04	78,85
300,89	7,22%	56,09	103,11	5 782,99	78,85
301,06	7,22%	56,09	103,11	5 782,95	78,85
301,22	7,22%	56,09	103,10	5 782,91	78,84
301,38	7,22%	56,09	103,10	5 782,88	78,84
301,53	7,22%	56,09	103,10	5 782,84	78,84
301,69	7,22%	56,09	103,10	5 782,81	78,84
302,01	7,23%	56,09	103,10	5 782,73	78,84
302,64	7,23%	56,09	103,10	5 782,59	78,84
303,90	7,24%	56,09	103,09	5 782,30	78,83
306,42	7,25%	56,09	103,08	5 781,72	78,82
308,95	7,27%	56,09	103,07	5 781,14	78,81
311,47	7,28%	56,09	103,06	5 780,56	78,80
316,52	7,31%	56,09	103,04	5 779,40	78,78
321,56	7,35%	56,09	103,02	5 778,24	78,76
326,61	7,38%	56,09	103,00	5 777,09	78,74
336,70	7,44%	56,09	102,96	5 774,77	78,70
356,88	7,56%	56,09	102,87	5 770,14	78,62
377,07	7,69%	56,09	102,79	5 765,52	78,54
407,07	7,87%	56,09	102,67	5 758,66	78,42
437,07	8,05%	56,09	102,54	5 751,80	78,30
467,07	8,24%	56,09	102,42	5 744,96	78,19
497,07	8,42%	56,09	102,29	5 738,12	78,07
527,07	8,60%	56,10	102,17	5 731,30	77,95
557,07	8,78%	56,10	102,05	5 724,48	77,83
587,07	8,96%	56,10	101,92	5 717,67	77,71
617,07	9,15%	56,10	101,80	5 710,87	77,59
647,07	9,33%	56,10	101,68	5 704,09	77,48
677,07	9,51%	56,10	101,56	5 697,31	77,36
707,07	9,69%	56,10	101,43	5 690,53	77,24
737,07	9,87%	56,10	101,31	5 683,77	77,12
767,07	10,05%	56,10	101,19	5 677,02	77,01
797,07	10,23%	56,10	101,07	5 670,28	76,89
827,07	10,41%	56,10	100,95	5 663,54	76,77
857,07	10,59%	56,11	100,82	5 656,82	76,66
887,07	10,77%	56,11	100,70	5 650,10	76,54
917,07	10,95%	56,11	100,58	5 643,40	76,42
947,07	11,12%	56,11	100,46	5 636,70	76,31
977,07	11,30%	56,11	100,34	5 630,01	76,19
1 007,07	11,48%	56,11	100,22	5 623,33	76,08
1 037,07	11,66%	56,11	100,10	5 616,66	75,96
1 067,07	11,84%	56,11	99,98	5 610,00	75,85
1 097,07	12,01%	56,11	99,86	5 603,35	75,73
1 127,07	12,19%	56,11	99,74	5 596,70	75,61
1 157,07	12,37%	56,12	99,62	5 590,07	75,50

647,44	93%	49,27	46,64	2 298,14
682,44	93%	49,27	46,64	2 297,98
717,44	93%	49,26	46,64	2 297,82
752,44	92%	49,26	46,64	2 297,66
787,44	92%	49,26	46,64	2 297,50
822,44	92%	49,25	46,64	2 297,34
857,44	92%	49,25	46,65	2 297,18
892,44	92%	49,24	46,65	2 297,02
927,44	92%	49,24	46,65	2 296,86
962,44	92%	49,23	46,65	2 296,70
997,44	92%	49,23	46,65	2 296,54
1 032,44	92%	49,23	46,65	2 296,38
1 067,44	91%	49,22	46,65	2 296,22
1 102,44	91%	49,22	46,65	2 296,06
1 137,44	91%	49,21	46,65	2 295,90
1 172,44	91%	49,21	46,65	2 295,74
1 207,44	91%	49,20	46,65	2 295,58
1 242,44	91%	49,20	46,65	2 295,42
1 277,44	91%	49,20	46,66	2 295,25
1 312,44	91%	49,19	46,66	2 295,09
1 347,44	91%	49,19	46,66	2 294,93
1 382,44	90%	49,18	46,66	2 294,77
1 417,44	90%	49,18	46,66	2 294,61
1 452,44	90%	49,17	46,66	2 294,45
1 487,44	90%	49,17	46,66	2 294,29
1 522,44	90%	49,17	46,66	2 294,12
1 557,44	90%	49,16	46,66	2 293,96
1 592,44	90%	49,16	46,66	2 293,80
1 627,44	90%	49,15	46,66	2 293,64
1 662,44	90%	49,15	46,66	2 293,47
1 697,44	89%	49,14	46,66	2 293,31
1 732,44	89%	49,14	46,67	2 293,15
1 767,44	89%	49,14	46,67	2 292,99
1 802,44	89%	49,13	46,67	2 292,82
1 837,44	89%	49,13	46,67	2 292,66
1 872,44	89%	49,12	46,67	2 292,50
1 907,44	89%	49,12	46,67	2 292,33
1 942,44	89%	49,11	46,67	2 292,17
1 977,44	89%	49,11	46,67	2 292,01
2 012,44	88%	49,11	46,67	2 291,84
2 047,44	88%	49,10	46,67	2 291,68
2 082,44	88%	49,10	46,67	2 291,52
2 117,44	88%	49,09	46,67	2 291,35
2 152,44	88%	49,09	46,67	2 291,19
2 187,44	88%	49,08	46,68	2 291,02
2 222,44	88%	49,08	46,68	2 290,86
2 257,44	88%	49,08	46,68	2 290,69
2 292,44	88%	49,07	46,68	2 290,53
2 327,44	87%	49,07	46,68	2 290,36
2 362,44	87%	49,06	46,68	2 290,20
2 397,44	87%	49,06	46,68	2 290,03
2 432,44	87%	49,05	46,68	2 289,87
2 467,44	87%	49,05	46,68	2 289,70
2 502,44	87%	49,04	46,68	2 289,54
2 537,44	87%	49,04	46,68	2 289,37
2 572,44	87%	49,04	46,68	2 289,21
2 607,44	87%	49,03	46,69	2 289,04

1 187,07	12,54%	56,12	99,50	5 583,45	75,38
1 217,07	12,72%	56,12	99,38	5 576,83	75,27
1 247,07	12,90%	56,12	99,26	5 570,22	75,16
1 277,07	13,07%	56,12	99,14	5 563,63	75,04
1 307,07	13,25%	56,12	99,02	5 557,04	74,93
1 337,07	13,42%	56,12	98,90	5 550,46	74,81
1 367,07	13,60%	56,12	98,78	5 543,89	74,70
1 397,07	13,77%	56,12	98,66	5 537,32	74,58
1 427,07	13,94%	56,12	98,55	5 530,77	74,47
1 457,07	14,12%	56,12	98,43	5 524,23	74,36
1 487,07	14,29%	56,13	98,31	5 517,69	74,24
1 517,07	14,47%	56,13	98,19	5 511,17	74,13
1 547,07	14,64%	56,13	98,07	5 504,65	74,02
1 577,07	14,81%	56,13	97,96	5 498,14	73,91
1 607,07	14,98%	56,13	97,84	5 491,64	73,79
1 637,07	15,16%	56,13	97,72	5 485,15	73,68
1 667,07	15,33%	56,13	97,61	5 478,67	73,57
1 697,07	15,50%	56,13	97,49	5 472,20	73,46
1 727,07	15,67%	56,13	97,37	5 465,74	73,34
1 757,07	15,84%	56,13	97,25	5 459,28	73,23
1 787,07	16,02%	56,13	97,14	5 452,84	73,12
1 817,07	16,19%	56,14	97,02	5 446,40	73,01
1 847,07	16,36%	56,14	96,91	5 439,97	72,90
1 877,07	16,53%	56,14	96,79	5 433,55	72,78
1 907,07	16,70%	56,14	96,67	5 427,14	72,67
1 937,07	16,87%	56,14	96,56	5 420,74	72,56
1 967,07	17,04%	56,14	96,44	5 414,35	72,45
1 997,07	17,21%	56,14	96,33	5 407,96	72,34
2 027,07	17,38%	56,14	96,21	5 401,59	72,23
2 057,07	17,54%	56,14	96,10	5 395,22	72,12
2 087,07	17,71%	56,14	95,98	5 388,86	72,01
2 117,07	17,88%	56,14	95,87	5 382,52	71,90
2 147,07	18,05%	56,15	95,75	5 376,18	71,79
2 177,07	18,22%	56,15	95,64	5 369,85	71,68
2 207,07	18,38%	56,15	95,53	5 363,52	71,57
2 237,07	18,55%	56,15	95,41	5 357,21	71,46
2 267,07	18,72%	56,15	95,30	5 350,90	71,35
2 297,07	18,89%	56,15	95,18	5 344,61	71,24
2 327,07	19,05%	56,15	95,07	5 338,32	71,13
2 357,07	19,22%	56,15	94,96	5 332,04	71,02
2 387,07	19,38%	56,15	94,84	5 325,77	70,92
2 417,07	19,55%	56,15	94,73	5 319,51	70,81
2 447,07	19,72%	56,15	94,62	5 313,26	70,70
2 477,07	19,88%	56,16	94,51	5 307,01	70,59
2 507,07	20,05%	56,16	94,39	5 300,78	70,48
2 537,07	20,21%	56,16	94,28	5 294,55	70,37
2 567,07	20,38%	56,16	94,17	5 288,33	70,27
2 597,07	20,54%	56,16	94,06	5 282,12	70,16
2 627,07	20,70%	56,16	93,95	5 275,92	70,05
2 657,07	20,87%	56,16	93,83	5 269,73	69,94
2 687,07	21,03%	56,16	93,72	5 263,54	69,84
2 717,07	21,19%	56,16	93,61	5 257,37	69,73
2 747,07	21,36%	56,16	93,50	5 251,20	69,62
2 777,07	21,52%	56,16	93,39	5 245,04	69,52
2 807,07	21,68%	56,16	93,28	5 238,89	69,41
2 837,07	21,85%	56,17	93,17	5 232,75	69,30
2 867,07	22,01%	56,17	93,06	5 226,62	69,20

2 642,44	86%	49,03	46,69	2 288,88
2 677,44	86%	49,02	46,69	2 288,71
2 712,44	86%	49,02	46,69	2 288,54
2 747,44	86%	49,01	46,69	2 288,38
2 782,44	86%	49,01	46,69	2 288,21
2 817,44	86%	49,01	46,69	2 288,04
2 852,44	86%	49,00	46,69	2 287,88
2 887,44	86%	49,00	46,69	2 287,71
2 922,44	86%	48,99	46,69	2 287,54
2 957,44	85%	48,99	46,69	2 287,38
2 992,44	85%	48,98	46,69	2 287,21
3 027,44	85%	48,98	46,69	2 287,04
3 062,44	85%	48,97	46,70	2 286,88
3 097,44	85%	48,97	46,70	2 286,71
3 132,44	85%	48,97	46,70	2 286,54
3 167,44	85%	48,96	46,70	2 286,37
3 202,44	85%	48,96	46,70	2 286,20
3 237,44	85%	48,95	46,70	2 286,04
3 272,44	84%	48,95	46,70	2 285,87
3 307,44	84%	48,94	46,70	2 285,70
3 342,44	84%	48,94	46,70	2 285,53
3 377,44	84%	48,93	46,70	2 285,36
3 412,44	84%	48,93	46,70	2 285,20
3 447,44	84%	48,93	46,70	2 285,03
3 482,44	84%	48,92	46,70	2 284,86
3 517,44	84%	48,92	46,71	2 284,69
3 552,44	84%	48,91	46,71	2 284,52
3 587,44	83%	48,91	46,71	2 284,35
3 622,44	83%	48,90	46,71	2 284,18
3 657,44	83%	48,90	46,71	2 284,01
3 692,44	83%	48,89	46,71	2 283,84
3 727,44	83%	48,89	46,71	2 283,67
3 762,44	83%	48,89	46,71	2 283,50
3 797,44	83%	48,88	46,71	2 283,33
3 832,44	83%	48,88	46,71	2 283,16
3 867,44	83%	48,87	46,71	2 282,99
3 902,44	82%	48,87	46,71	2 282,82
3 937,44	82%	48,86	46,72	2 282,65
3 972,44	82%	48,86	46,72	2 282,48
4 007,44	82%	48,85	46,72	2 282,31
4 042,44	82%	48,85	46,72	2 282,14
4 077,44	82%	48,85	46,72	2 281,97
4 112,44	82%	48,84	46,72	2 281,80
4 147,44	82%	48,84	46,72	2 281,63
4 182,44	82%	48,83	46,72	2 281,46
4 217,44	81%	48,83	46,72	2 281,29
4 252,44	81%	48,82	46,72	2 281,11
4 287,44	81%	48,82	46,72	2 280,94
4 296,13	81%	48,82	46,72	2 280,90
4 296,13	81%	48,82	46,72	2 280,90
4 296,13	81%	48,82	46,69	2 279,29
4 296,13	81%	48,82	46,69	2 279,21
4 296,13	81%	48,82	46,69	2 279,18
4 296,13	81%	48,82	46,69	2 279,15
4 296,13	81%	48,82	46,69	2 279,12
4 296,13	81%	48,82	46,69	2 279,06
4 296,14	81%	48,82	46,68	2 279,00

2 897,07	22,17%	56,17	92,95	5 220,50	69,09
2 927,07	22,33%	56,17	92,84	5 214,38	68,98
2 957,07	22,49%	56,17	92,73	5 208,28	68,88
2 987,07	22,65%	56,17	92,62	5 202,18	68,77
3 017,07	22,81%	56,17	92,51	5 196,09	68,67
3 047,07	22,97%	56,17	92,40	5 190,01	68,56
3 077,07	23,14%	56,17	92,29	5 183,93	68,46
3 107,07	23,30%	56,17	92,18	5 177,87	68,35
3 137,07	23,46%	56,17	92,07	5 171,81	68,25
3 167,07	23,61%	56,17	91,96	5 165,76	68,14
3 197,07	23,77%	56,18	91,85	5 159,73	68,04
3 227,07	23,93%	56,18	91,74	5 153,69	67,93
3 257,07	24,09%	56,18	91,63	5 147,67	67,83
3 287,07	24,25%	56,18	91,52	5 141,66	67,72
3 317,07	24,41%	56,18	91,42	5 135,65	67,62
3 347,07	24,57%	56,18	91,31	5 129,66	67,52
3 377,07	24,73%	56,18	91,20	5 123,67	67,41
3 407,07	24,88%	56,18	91,09	5 117,69	67,31
3 437,07	25,04%	56,18	90,98	5 111,72	67,20
3 467,07	25,20%	56,18	90,88	5 105,75	67,10
3 497,07	25,35%	56,18	90,77	5 099,80	67,00
3 527,07	25,51%	56,18	90,66	5 093,85	66,90
3 557,07	25,67%	56,19	90,56	5 087,91	66,79
3 587,07	25,82%	56,19	90,45	5 081,98	66,69
3 617,07	25,98%	56,19	90,34	5 076,06	66,59
3 647,07	26,14%	56,19	90,24	5 070,15	66,48
3 677,07	26,29%	56,19	90,13	5 064,24	66,38
3 707,07	26,45%	56,19	90,02	5 058,34	66,28
3 737,07	26,60%	56,19	89,92	5 052,45	66,18
3 767,07	26,76%	56,19	89,81	5 046,57	66,08
3 797,07	26,91%	56,19	89,70	5 040,70	65,97
3 827,07	27,07%	56,19	89,60	5 034,84	65,87
3 857,07	27,22%	56,19	89,49	5 028,98	65,77
3 887,07	27,37%	56,19	89,39	5 023,13	65,67
3 917,07	27,53%	56,20	89,28	5 017,29	65,57
3 947,07	27,68%	56,20	89,18	5 011,46	65,47
3 977,07	27,83%	56,20	89,07	5 005,64	65,37
4 007,07	27,99%	56,20	88,97	4 999,83	65,27
4 037,07	28,14%	56,20	88,86	4 994,02	65,16
4 067,07	28,29%	56,20	88,76	4 988,22	65,06
4 097,07	28,44%	56,20	88,65	4 982,43	64,96
4 127,07	28,60%	56,20	88,55	4 976,65	64,86
4 157,07	28,75%	56,20	88,45	4 970,88	64,76
4 187,07	28,90%	56,20	88,34	4 965,11	64,66
4 217,07	29,05%	56,20	88,24	4 959,35	64,56
4 247,07	29,20%	56,20	88,14	4 953,60	64,46
4 277,07	29,35%	56,21	88,03	4 947,86	64,36
4 307,07	29,50%	56,21	87,93	4 942,13	64,27
4 337,07	29,65%	56,21	87,83	4 936,40	64,17
4 367,07	29,80%	56,21	87,72	4 930,69	64,07
4 397,07	29,95%	56,21	87,62	4 924,98	63,97
4 427,07	30,10%	56,21	87,52	4 919,28	63,87
4 457,07	30,25%	56,21	87,41	4 913,58	63,77
4 487,07	30,40%	56,21	87,31	4 907,90	63,67
4 517,07	30,55%	56,21	87,21	4 902,22	63,57
4 547,07	30,70%	56,21	87,11	4 896,55	63,48
4 577,07	30,85%	56,21	87,01	4 890,89	63,38

4 296,14	81%	48,82	46,68	2 278,93
4 296,14	81%	48,82	46,68	2 278,80
4 296,14	81%	48,82	46,68	2 278,66
4 296,14	81%	48,82	46,67	2 278,52
4 296,14	81%	48,82	46,67	2 278,37
4 296,14	81%	48,82	46,67	2 278,06
4 296,14	81%	48,82	46,66	2 277,74
4 296,14	81%	48,82	46,65	2 277,40
4 296,14	81%	48,82	46,64	2 277,05
4 296,14	81%	48,82	46,64	2 276,68
4 296,15	81%	48,82	46,63	2 276,15
4 296,15	81%	48,82	46,61	2 275,61
4 296,15	81%	48,82	46,60	2 275,05
4 296,15	81%	48,82	46,59	2 274,49
4 296,15	81%	48,82	46,58	2 273,91
4 296,15	81%	48,82	46,57	2 273,34
4 296,16	81%	48,82	46,56	2 272,75
4 296,16	81%	48,82	46,54	2 271,90
4 296,16	81%	48,82	46,52	2 271,04
4 296,16	81%	48,82	46,50	2 270,04
4 296,17	81%	48,82	46,48	2 269,04
4 296,17	81%	48,82	46,46	2 268,05
4 296,17	81%	48,82	46,44	2 267,07
4 296,17	81%	48,82	46,42	2 266,09
4 296,18	81%	48,82	46,40	2 265,13
4 296,18	81%	48,82	46,38	2 264,17
4 296,18	81%	48,82	46,36	2 263,22
4 296,19	81%	48,82	46,32	2 261,36
4 296,19	81%	48,82	46,29	2 259,55
4 296,20	81%	48,82	46,25	2 257,95
4 296,20	81%	48,82	46,22	2 256,39
4 296,21	81%	48,82	46,19	2 254,86
4 296,21	81%	48,82	46,16	2 253,37
4 296,22	81%	48,82	46,13	2 251,91
4 296,22	81%	48,82	46,10	2 250,49
4 296,23	81%	48,82	46,07	2 249,09
4 296,24	81%	48,82	46,02	2 246,40
4 296,25	81%	48,82	45,96	2 243,83
4 296,26	81%	48,82	45,91	2 241,38
4 296,27	81%	48,82	45,87	2 239,04
4 296,29	81%	48,82	45,78	2 234,66
4 296,31	81%	48,82	45,69	2 230,67
4 296,33	81%	48,82	45,62	2 227,03
4 296,35	81%	48,82	45,55	2 223,71
4 296,37	81%	48,82	45,49	2 220,68
4 296,39	81%	48,82	45,43	2 217,92
4 296,41	81%	48,82	45,38	2 215,40
4 296,43	81%	48,82	45,33	2 213,10
4 296,45	81%	48,82	45,29	2 211,01
4 296,47	81%	48,82	45,25	2 209,10
4 296,51	81%	48,82	45,18	2 205,76
4 296,55	81%	48,82	45,13	2 202,99
4 296,59	81%	48,82	45,08	2 200,69
4 296,63	81%	48,82	45,04	2 198,77
4 296,67	81%	48,82	45,01	2 197,17
4 296,71	81%	48,82	44,98	2 195,84
4 296,75	81%	48,82	44,96	2 194,74

4 607,07	31,00%	56,21	86,90	4 885,24	63,28
4 637,07	31,14%	56,21	86,80	4 879,59	63,18
4 667,07	31,29%	56,22	86,70	4 873,96	63,08
4 697,07	31,44%	56,22	86,60	4 868,33	62,99
4 727,07	31,59%	56,22	86,50	4 862,71	62,89
4 757,07	31,74%	56,22	86,40	4 857,09	62,79
4 787,07	31,88%	56,22	86,30	4 851,49	62,69
4 817,07	32,03%	56,22	86,20	4 845,89	62,60
4 847,07	32,18%	56,22	86,10	4 840,30	62,50
4 877,07	32,32%	56,22	86,00	4 834,72	62,40
4 907,07	32,47%	56,22	85,90	4 829,15	62,31
4 937,07	32,61%	56,22	85,79	4 823,58	62,21
4 967,07	32,76%	56,22	85,69	4 818,03	62,12
4 997,07	32,90%	56,22	85,59	4 812,48	62,02
5 027,07	33,05%	56,22	85,50	4 806,94	61,92
5 057,07	33,19%	56,23	85,40	4 801,40	61,83
5 087,07	33,34%	56,23	85,30	4 795,88	61,73
5 117,07	33,48%	56,23	85,20	4 790,36	61,64
5 147,07	33,63%	56,23	85,10	4 784,85	61,54
5 177,07	33,77%	56,23	85,00	4 779,35	61,44
5 207,07	33,92%	56,23	84,90	4 773,85	61,35
5 237,07	34,06%	56,23	84,80	4 768,37	61,25
5 267,07	34,20%	56,23	84,70	4 762,89	61,16
5 297,07	34,35%	56,23	84,60	4 757,42	61,06
5 327,07	34,49%	56,23	84,51	4 751,95	60,97
5 357,07	34,63%	56,23	84,41	4 746,50	60,88
5 387,07	34,77%	56,23	84,31	4 741,05	60,78
5 417,07	34,92%	56,23	84,21	4 735,61	60,69
5 447,07	35,06%	56,24	84,11	4 730,18	60,59
5 477,07	35,20%	56,24	84,02	4 724,75	60,50
5 507,07	35,34%	56,24	83,92	4 719,34	60,41
5 537,07	35,48%	56,24	83,82	4 713,93	60,31
5 567,07	35,63%	56,24	83,72	4 708,53	60,22
5 597,07	35,77%	56,24	83,63	4 703,13	60,12
5 627,07	35,91%	56,24	83,53	4 697,75	60,03
5 657,07	36,05%	56,24	83,43	4 692,37	59,94
5 687,07	36,19%	56,24	83,34	4 687,00	59,85
5 717,07	36,33%	56,24	83,24	4 681,64	59,75
5 747,07	36,47%	56,24	83,14	4 676,28	59,66
5 777,07	36,61%	56,24	83,05	4 670,93	59,57
5 807,07	36,75%	56,24	82,95	4 665,59	59,47
5 837,07	36,89%	56,24	82,86	4 660,26	59,38
5 867,07	37,03%	56,25	82,76	4 654,94	59,29
5 897,07	37,16%	56,25	82,67	4 649,62	59,20
5 927,07	37,30%	56,25	82,57	4 644,31	59,11
5 957,07	37,44%	56,25	82,47	4 639,01	59,01
5 987,07	37,58%	56,25	82,38	4 633,72	58,92
6 017,07	37,72%	56,25	82,28	4 628,43	58,83
6 047,07	37,86%	56,25	82,19	4 623,15	58,74
6 077,07	37,99%	56,25	82,09	4 617,88	58,65
6 107,07	38,13%	56,25	82,00	4 612,62	58,56
6 137,07	38,27%	56,25	81,91	4 607,36	58,47
6 167,07	38,40%	56,25	81,81	4 602,11	58,37
6 197,07	38,54%	56,25	81,72	4 596,87	58,28
6 227,07	38,68%	56,25	81,62	4 591,64	58,19
6 257,07	38,81%	56,25	81,53	4 586,41	58,10
6 287,07	38,95%	56,26	81,44	4 581,19	58,01

4 296,79	81%	48,82	44,94	2 193,82
4 296,83	81%	48,82	44,92	2 193,06
4 296,87	81%	48,82	44,91	2 192,42
4 296,91	81%	48,82	44,90	2 191,89
4 296,95	81%	48,82	44,89	2 191,45
4 296,99	81%	48,82	44,88	2 191,09
4 297,03	81%	48,82	44,88	2 190,78
4 297,07	81%	48,82	44,87	2 190,53
4 297,11	81%	48,82	44,87	2 190,32
4 297,15	81%	48,82	44,86	2 190,14
4 297,19	81%	48,82	44,86	2 190,00
4 297,23	81%	48,82	44,86	2 189,88
4 297,27	81%	48,82	44,86	2 189,77
4 297,31	81%	48,82	44,86	2 189,69
4 297,36	81%	48,82	44,85	2 189,62
4 297,40	81%	48,82	44,85	2 189,56
4 297,44	81%	48,82	44,85	2 189,51
4 297,48	81%	48,82	44,85	2 189,47
4 297,56	81%	48,82	44,85	2 189,41
4 297,64	81%	48,82	44,85	2 189,37
4 297,72	81%	48,82	44,85	2 189,34
4 297,80	81%	48,82	44,85	2 189,32
4 297,88	81%	48,82	44,85	2 189,30
4 297,96	81%	48,82	44,85	2 189,29
4 298,01	81%	48,82	44,85	2 189,29
4 298,01	81%	48,82	44,85	2 189,29
4 298,01	81%	48,82	44,85	2 189,29
4 298,01	81%	48,82	44,85	2 189,29
4 298,04	81%	48,82	44,85	2 189,29
4 298,11	81%	48,82	44,85	2 189,28
4 298,22	81%	48,82	44,85	2 189,28
4 298,33	81%	48,82	44,85	2 189,27
4 298,43	81%	48,82	44,85	2 189,27
4 298,52	81%	48,82	44,85	2 189,27
4 298,62	81%	48,82	44,85	2 189,27
4 298,72	81%	48,82	44,85	2 189,27
4 298,82	81%	48,82	44,85	2 189,27
4 298,91	81%	48,82	44,85	2 189,27
4 299,11	81%	48,82	44,85	2 189,27
4 299,30	81%	48,82	44,85	2 189,27
4 299,69	81%	48,82	44,85	2 189,26
4 300,08	81%	48,82	44,85	2 189,26
4 300,85	81%	48,82	44,85	2 189,26
4 302,40	81%	48,82	44,85	2 189,25
4 305,50	81%	48,82	44,85	2 189,24
4 311,71	81%	48,82	44,85	2 189,21
4 324,12	81%	48,81	44,85	2 189,15
4 348,93	81%	48,81	44,85	2 189,03
4 373,75	81%	48,81	44,85	2 188,91
4 408,75	81%	48,80	44,85	2 188,74
4 443,75	81%	48,80	44,85	2 188,58
4 478,75	81%	48,79	44,85	2 188,41
4 513,75	81%	48,79	44,85	2 188,24
4 548,75	80%	48,79	44,85	2 188,07
4 583,75	80%	48,78	44,85	2 187,91
4 618,75	80%	48,78	44,85	2 187,74
4 653,75	80%	48,77	44,85	2 187,57

6 317,07	39,09%	56,26	81,34	4 575,98	57,92
6 347,07	39,22%	56,26	81,25	4 570,78	57,83
6 377,07	39,36%	56,26	81,15	4 565,58	57,74
6 407,07	39,49%	56,26	81,06	4 560,39	57,65
6 437,07	39,63%	56,26	80,97	4 555,21	57,56
6 467,07	39,76%	56,26	80,88	4 550,04	57,47
6 497,07	39,90%	56,26	80,78	4 544,87	57,38
6 527,07	40,03%	56,26	80,69	4 539,71	57,29
6 557,07	40,17%	56,26	80,60	4 534,56	57,20
6 587,07	40,30%	56,26	80,50	4 529,42	57,12
6 617,07	40,43%	56,26	80,41	4 524,28	57,03
6 647,07	40,57%	56,26	80,32	4 519,15	56,94
6 677,07	40,70%	56,26	80,23	4 514,03	56,85
6 707,07	40,83%	56,27	80,14	4 508,92	56,76
6 737,07	40,97%	56,27	80,04	4 503,81	56,67
6 767,07	41,10%	56,27	79,95	4 498,71	56,58
6 797,07	41,23%	56,27	79,86	4 493,62	56,50
6 827,07	41,36%	56,27	79,77	4 488,53	56,41
6 857,07	41,50%	56,27	79,68	4 483,46	56,32
6 887,07	41,63%	56,27	79,59	4 478,39	56,23
6 917,07	41,76%	56,27	79,50	4 473,32	56,14
6 947,07	41,89%	56,27	79,41	4 468,27	56,06
6 977,07	42,02%	56,27	79,32	4 463,22	55,97
7 007,07	42,15%	56,27	79,22	4 458,18	55,88
7 037,07	42,28%	56,27	79,13	4 453,14	55,79
7 067,07	42,42%	56,27	79,04	4 448,12	55,71
7 097,07	42,55%	56,27	78,95	4 443,10	55,62
7 127,07	42,68%	56,28	78,86	4 438,09	55,53
7 157,07	42,81%	56,28	78,77	4 433,08	55,45
7 187,07	42,94%	56,28	78,68	4 428,08	55,36
7 217,07	43,07%	56,28	78,59	4 423,09	55,27
7 247,07	43,20%	56,28	78,51	4 418,11	55,19
7 277,07	43,32%	56,28	78,42	4 413,14	55,10
7 307,07	43,45%	56,28	78,33	4 408,17	55,02
7 337,07	43,58%	56,28	78,24	4 403,21	54,93
7 367,07	43,71%	56,28	78,15	4 398,25	54,84
7 397,07	43,84%	56,28	78,06	4 393,31	54,76
7 427,07	43,97%	56,28	77,97	4 388,37	54,67
7 457,07	44,10%	56,28	77,88	4 383,43	54,59
7 487,07	44,22%	56,28	77,79	4 378,51	54,50
7 517,07	44,35%	56,28	77,71	4 373,59	54,42
7 547,07	44,48%	56,28	77,62	4 368,68	54,33
7 577,07	44,61%	56,29	77,53	4 363,77	54,25
7 607,07	44,73%	56,29	77,44	4 358,88	54,16
7 637,07	44,86%	56,29	77,35	4 353,99	54,08
7 667,07	44,99%	56,29	77,27	4 349,11	53,99
7 697,07	45,11%	56,29	77,18	4 344,23	53,91
7 727,07	45,24%	56,29	77,09	4 339,36	53,82
7 757,07	45,37%	56,29	77,00	4 334,50	53,74
7 787,07	45,49%	56,29	76,92	4 329,65	53,66
7 817,07	45,62%	56,29	76,83	4 324,80	53,57
7 847,07	45,74%	56,29	76,74	4 319,96	53,49
7 877,07	45,87%	56,29	76,66	4 315,13	53,40
7 907,07	45,99%	56,29	76,57	4 310,30	53,32
7 937,07	46,12%	56,29	76,48	4 305,48	53,24
7 967,07	46,24%	56,29	76,40	4 300,67	53,15
7 997,07	46,37%	56,29	76,31	4 295,86	53,07

4 688,75	80%	48,77	44,85	2 187,40
4 723,75	80%	48,76	44,85	2 187,24
4 758,75	80%	48,76	44,85	2 187,07
4 793,75	80%	48,76	44,85	2 186,90
4 828,75	80%	48,75	44,85	2 186,73
4 863,75	79%	48,75	44,86	2 186,56
4 898,75	79%	48,74	44,86	2 186,40
4 933,75	79%	48,74	44,86	2 186,23
4 968,75	79%	48,73	44,86	2 186,06
5 003,75	79%	48,73	44,86	2 185,89
5 038,75	79%	48,73	44,86	2 185,72
5 073,75	79%	48,72	44,86	2 185,55
5 108,75	79%	48,72	44,86	2 185,38
5 143,75	79%	48,71	44,86	2 185,21
5 178,75	78%	48,71	44,86	2 185,04
5 213,75	78%	48,70	44,86	2 184,88
5 248,75	78%	48,70	44,86	2 184,71
5 283,75	78%	48,69	44,86	2 184,54
5 318,75	78%	48,69	44,86	2 184,37
5 353,75	78%	48,69	44,86	2 184,20
5 388,75	78%	48,68	44,86	2 184,03
5 423,75	78%	48,68	44,86	2 183,86
5 458,75	78%	48,67	44,86	2 183,69
5 493,75	78%	48,67	44,87	2 183,52
5 528,75	77%	48,66	44,87	2 183,35
5 563,75	77%	48,66	44,87	2 183,18
5 598,75	77%	48,66	44,87	2 183,01
5 633,75	77%	48,65	44,87	2 182,84
5 668,75	77%	48,65	44,87	2 182,66
5 703,75	77%	48,64	44,87	2 182,49
5 738,75	77%	48,64	44,87	2 182,32
5 773,75	77%	48,63	44,87	2 182,15
5 808,75	77%	48,63	44,87	2 181,98
5 843,75	76%	48,62	44,87	2 181,81
5 878,75	76%	48,62	44,87	2 181,64
5 913,75	76%	48,62	44,87	2 181,47
5 948,75	76%	48,61	44,87	2 181,30
5 983,75	76%	48,61	44,87	2 181,12
6 018,75	76%	48,60	44,87	2 180,95
6 053,75	76%	48,60	44,87	2 180,78
6 088,75	76%	48,59	44,87	2 180,61
6 123,75	76%	48,59	44,88	2 180,44
6 158,75	76%	48,58	44,88	2 180,26
6 193,75	75%	48,58	44,88	2 180,09
6 228,75	75%	48,58	44,88	2 179,92
6 263,75	75%	48,57	44,88	2 179,75
6 298,75	75%	48,57	44,88	2 179,58
6 333,75	75%	48,56	44,88	2 179,40
6 368,75	75%	48,56	44,88	2 179,23
6 403,75	75%	48,55	44,88	2 179,06
6 438,75	75%	48,55	44,88	2 178,88
6 473,75	75%	48,54	44,88	2 178,71
6 508,75	74%	48,54	44,88	2 178,54
6 543,75	74%	48,54	44,88	2 178,36
6 578,75	74%	48,53	44,88	2 178,19
6 613,75	74%	48,53	44,88	2 178,02
6 648,75	74%	48,52	44,88	2 177,84

8 027,07	46,49%	56,30	76,22	4 291,06	52,99
8 057,07	46,62%	56,30	76,14	4 286,27	52,91
8 087,07	46,74%	56,30	76,05	4 281,49	52,82
8 117,07	46,86%	56,30	75,97	4 276,71	52,74
8 147,07	46,99%	56,30	75,88	4 271,94	52,66
8 177,07	47,11%	56,30	75,80	4 267,18	52,57
8 207,07	47,24%	56,30	75,71	4 262,42	52,49
8 237,07	47,36%	56,30	75,63	4 257,67	52,41
8 267,07	47,48%	56,30	75,54	4 252,93	52,33
8 297,07	47,60%	56,30	75,46	4 248,20	52,25
8 327,07	47,73%	56,30	75,37	4 243,47	52,16
8 357,07	47,85%	56,30	75,29	4 238,75	52,08
8 387,07	47,97%	56,30	75,20	4 234,03	52,00
8 417,07	48,09%	56,30	75,12	4 229,32	51,92
8 447,07	48,21%	56,30	75,03	4 224,62	51,84
8 477,07	48,34%	56,30	74,95	4 219,93	51,76
8 507,07	48,46%	56,31	74,86	4 215,24	51,68
8 537,07	48,58%	56,31	74,78	4 210,56	51,59
8 567,07	48,70%	56,31	74,70	4 205,89	51,51
8 597,07	48,82%	56,31	74,61	4 201,22	51,43
8 627,07	48,94%	56,31	74,53	4 196,56	51,35
8 657,07	49,06%	56,31	74,45	4 191,91	51,27
8 687,07	49,18%	56,31	74,36	4 187,26	51,19
8 717,07	49,30%	56,31	74,28	4 182,62	51,11
8 747,07	49,42%	56,31	74,20	4 177,99	51,03
8 777,07	49,54%	56,31	74,11	4 173,36	50,95
8 807,07	49,66%	56,31	74,03	4 168,74	50,87
8 837,07	49,78%	56,31	73,95	4 164,13	50,79
8 867,07	49,90%	56,31	73,86	4 159,53	50,71
8 897,07	50,02%	56,31	73,78	4 154,93	50,63
8 927,07	50,14%	56,31	73,70	4 150,34	50,55
8 957,07	50,25%	56,31	73,62	4 145,75	50,47
8 987,07	50,37%	56,32	73,54	4 141,17	50,39
9 017,07	50,49%	56,32	73,45	4 136,60	50,31
9 047,07	50,61%	56,32	73,37	4 132,04	50,24
9 077,07	50,73%	56,32	73,29	4 127,48	50,16
9 107,07	50,84%	56,32	73,21	4 122,93	50,08
9 137,07	50,96%	56,32	73,13	4 118,38	50,00
9 167,07	51,08%	56,32	73,05	4 113,84	49,92
9 197,07	51,20%	56,32	72,96	4 109,31	49,84
9 227,07	51,31%	56,32	72,88	4 104,79	49,76
9 257,07	51,43%	56,32	72,80	4 100,27	49,69
9 287,07	51,55%	56,32	72,72	4 095,76	49,61
9 317,07	51,66%	56,32	72,64	4 091,25	49,53
9 347,07	51,78%	56,32	72,56	4 086,75	49,45
9 377,07	51,89%	56,32	72,48	4 082,26	49,37
9 407,07	52,01%	56,32	72,40	4 077,78	49,30
9 437,07	52,13%	56,32	72,32	4 073,30	49,22
9 467,07	52,24%	56,33	72,24	4 068,82	49,14
9 497,07	52,36%	56,33	72,16	4 064,36	49,06
9 527,07	52,47%	56,33	72,08	4 059,90	48,99
9 557,07	52,59%	56,33	72,00	4 055,45	48,91
9 587,07	52,70%	56,33	71,92	4 051,00	48,83
9 617,07	52,82%	56,33	71,84	4 046,56	48,76
9 647,07	52,93%	56,33	71,76	4 042,13	48,68
9 677,07	53,04%	56,33	71,68	4 037,70	48,60
9 707,07	53,16%	56,33	71,60	4 033,28	48,53

6 683,75	74%	48,52	44,88	2 177,67
6 718,75	74%	48,51	44,88	2 177,50
6 753,75	74%	48,51	44,89	2 177,32
6 788,75	74%	48,50	44,89	2 177,15
6 823,75	74%	48,50	44,89	2 176,98
6 858,75	73%	48,50	44,89	2 176,80
6 893,75	73%	48,49	44,89	2 176,63
6 928,75	73%	48,49	44,89	2 176,45
6 963,75	73%	48,48	44,89	2 176,28
6 998,75	73%	48,48	44,89	2 176,10
7 033,75	73%	48,47	44,89	2 175,93
7 068,75	73%	48,47	44,89	2 175,75
7 103,75	73%	48,46	44,89	2 175,58
7 138,75	73%	48,46	44,89	2 175,41
7 173,75	72%	48,45	44,89	2 175,23
7 208,75	72%	48,45	44,89	2 175,05
7 243,75	72%	48,45	44,89	2 174,88
7 278,75	72%	48,44	44,89	2 174,70
7 313,75	72%	48,44	44,89	2 174,53
7 348,75	72%	48,43	44,89	2 174,35
7 383,75	72%	48,43	44,90	2 174,18
7 418,75	72%	48,42	44,90	2 174,00
7 453,75	72%	48,42	44,90	2 173,83
7 488,75	72%	48,41	44,90	2 173,65
7 523,75	71%	48,41	44,90	2 173,47
7 558,75	71%	48,41	44,90	2 173,30
7 593,75	71%	48,40	44,90	2 173,12
7 628,75	71%	48,40	44,90	2 172,95
7 663,75	71%	48,39	44,90	2 172,77
7 698,75	71%	48,39	44,90	2 172,59
7 733,75	71%	48,38	44,90	2 172,42
7 768,75	71%	48,38	44,90	2 172,24
7 803,75	71%	48,37	44,90	2 172,06
7 838,75	70%	48,37	44,90	2 171,89
7 873,75	70%	48,36	44,90	2 171,71
7 908,75	70%	48,36	44,90	2 171,53
7 943,75	70%	48,36	44,90	2 171,35
7 978,75	70%	48,35	44,90	2 171,18
8 013,75	70%	48,35	44,90	2 171,00
8 048,75	70%	48,34	44,91	2 170,82
8 083,75	70%	48,34	44,91	2 170,64
8 118,75	70%	48,33	44,91	2 170,47
8 153,75	70%	48,33	44,91	2 170,29
8 188,75	69%	48,32	44,91	2 170,11
8 223,75	69%	48,32	44,91	2 169,93
8 258,75	69%	48,31	44,91	2 169,75
8 293,75	69%	48,31	44,91	2 169,58
8 328,75	69%	48,31	44,91	2 169,40
8 363,75	69%	48,30	44,91	2 169,22
8 398,75	69%	48,30	44,91	2 169,04
8 433,75	69%	48,29	44,91	2 168,86
8 468,75	69%	48,29	44,91	2 168,68
8 503,75	68%	48,28	44,91	2 168,50
8 538,75	68%	48,28	44,91	2 168,33
8 573,75	68%	48,27	44,91	2 168,15
8 608,75	68%	48,27	44,91	2 167,97
8 643,75	68%	48,26	44,91	2 167,79

9 737,07	53,27%	56,33	71,52	4 028,87	48,45
9 767,07	53,39%	56,33	71,44	4 024,47	48,37
9 797,07	53,50%	56,33	71,36	4 020,07	48,30
9 827,07	53,61%	56,33	71,29	4 015,67	48,22
9 857,07	53,73%	56,33	71,21	4 011,28	48,15
9 887,07	53,84%	56,33	71,13	4 006,90	48,07
9 917,07	53,95%	56,33	71,05	4 002,53	47,99
9 947,07	54,06%	56,33	70,97	3 998,16	47,92
9 977,07	54,18%	56,34	70,89	3 993,80	47,84
10 007,07	54,29%	56,34	70,82	3 989,45	47,77
10 037,07	54,40%	56,34	70,74	3 985,10	47,69
10 067,07	54,51%	56,34	70,66	3 980,76	47,62
10 097,07	54,62%	56,34	70,58	3 976,42	47,54
10 127,07	54,74%	56,34	70,50	3 972,09	47,47
10 157,07	54,85%	56,34	70,43	3 967,77	47,39
10 187,07	54,96%	56,34	70,35	3 963,45	47,32
10 217,07	55,07%	56,34	70,27	3 959,14	47,24
10 247,07	55,18%	56,34	70,20	3 954,84	47,17
10 277,07	55,29%	56,34	70,12	3 950,54	47,10
10 307,07	55,40%	56,34	70,04	3 946,25	47,02
10 337,07	55,51%	56,34	69,96	3 941,97	46,95
10 367,07	55,62%	56,34	69,89	3 937,69	46,87
10 397,07	55,73%	56,34	69,81	3 933,42	46,80
10 427,07	55,84%	56,34	69,74	3 929,15	46,73
10 457,07	55,95%	56,34	69,66	3 924,89	46,65
10 487,07	56,06%	56,34	69,58	3 920,64	46,58
10 517,07	56,17%	56,35	69,51	3 916,39	46,50
10 547,07	56,28%	56,35	69,43	3 912,15	46,43
10 577,07	56,39%	56,35	69,36	3 907,92	46,36
10 607,07	56,50%	56,35	69,28	3 903,69	46,28
10 637,07	56,60%	56,35	69,20	3 899,47	46,21
10 667,07	56,71%	56,35	69,13	3 895,26	46,14
10 697,07	56,82%	56,35	69,05	3 891,05	46,07
10 727,07	56,93%	56,35	68,98	3 886,85	45,99
10 757,07	57,04%	56,35	68,90	3 882,65	45,92
10 787,07	57,15%	56,35	68,83	3 878,46	45,85
10 817,07	57,25%	56,35	68,75	3 874,28	45,78
10 847,07	57,36%	56,35	68,68	3 870,10	45,70
10 877,07	57,47%	56,35	68,60	3 865,93	45,63
10 907,07	57,57%	56,35	68,53	3 861,76	45,56
10 937,07	57,68%	56,35	68,45	3 857,60	45,49
10 967,07	57,79%	56,35	68,38	3 853,45	45,42
10 997,07	57,89%	56,35	68,31	3 849,30	45,34
11 027,07	58,00%	56,35	68,23	3 845,16	45,27
11 057,07	58,11%	56,36	68,16	3 841,03	45,20
11 087,07	58,21%	56,36	68,08	3 836,90	45,13
11 117,07	58,32%	56,36	68,01	3 832,78	45,06
11 147,07	58,42%	56,36	67,94	3 828,66	44,99
11 177,07	58,53%	56,36	67,86	3 824,55	44,92
11 207,07	58,64%	56,36	67,79	3 820,45	44,84
11 237,07	58,74%	56,36	67,72	3 816,35	44,77
11 267,07	58,85%	56,36	67,64	3 812,26	44,70
11 297,07	58,95%	56,36	67,57	3 808,18	44,63
11 327,07	59,06%	56,36	67,50	3 804,10	44,56
11 357,07	59,16%	56,36	67,42	3 800,02	44,49
11 387,07	59,26%	56,36	67,35	3 795,96	44,42
11 417,07	59,37%	56,36	67,28	3 791,89	44,35

8 678,75	68%	48,26	44,92	2 167,61
8 713,75	68%	48,26	44,92	2 167,43
8 748,75	68%	48,25	44,92	2 167,25
8 783,75	68%	48,25	44,92	2 167,07
8 818,75	67%	48,24	44,92	2 166,89
8 853,75	67%	48,24	44,92	2 166,71
8 888,75	67%	48,23	44,92	2 166,53
8 923,75	67%	48,23	44,92	2 166,35
8 958,75	67%	48,22	44,92	2 166,17
8 993,75	67%	48,22	44,92	2 165,99
9 028,75	67%	48,21	44,92	2 165,81
9 063,75	67%	48,21	44,92	2 165,63
9 098,75	67%	48,20	44,92	2 165,45
9 133,75	67%	48,20	44,92	2 165,27
9 168,75	66%	48,20	44,92	2 165,09
9 203,75	66%	48,19	44,92	2 164,91
9 238,75	66%	48,19	44,92	2 164,73
9 273,75	66%	48,18	44,92	2 164,55
9 308,75	66%	48,18	44,93	2 164,36
9 343,75	66%	48,17	44,93	2 164,18
9 378,75	66%	48,17	44,93	2 164,00
9 413,75	66%	48,16	44,93	2 163,82
9 448,75	66%	48,16	44,93	2 163,64
9 483,75	65%	48,15	44,93	2 163,46
9 518,75	65%	48,15	44,93	2 163,28
9 553,75	65%	48,14	44,93	2 163,09
9 588,75	65%	48,14	44,93	2 162,91
9 623,75	65%	48,14	44,93	2 162,73
9 658,75	65%	48,13	44,93	2 162,55
9 693,75	65%	48,13	44,93	2 162,37
9 728,75	65%	48,12	44,93	2 162,18
9 763,75	65%	48,12	44,93	2 162,00
9 798,75	65%	48,11	44,93	2 161,82
9 833,75	64%	48,11	44,93	2 161,64
9 868,75	64%	48,10	44,93	2 161,45
9 903,75	64%	48,10	44,93	2 161,27
9 938,75	64%	48,09	44,94	2 161,09
9 973,75	64%	48,09	44,94	2 160,90
10 008,75	64%	48,08	44,94	2 160,72
10 043,75	64%	48,08	44,94	2 160,54
10 078,75	64%	48,07	44,94	2 160,35
10 113,75	64%	48,07	44,94	2 160,17
10 148,75	64%	48,07	44,94	2 159,99
10 183,75	63%	48,06	44,94	2 159,80
10 218,75	63%	48,06	44,94	2 159,62
10 253,75	63%	48,05	44,94	2 159,44
10 288,75	63%	48,05	44,94	2 159,25
10 323,75	63%	48,04	44,94	2 159,07
10 358,75	63%	48,04	44,94	2 158,89
10 393,75	63%	48,03	44,94	2 158,70
10 428,75	63%	48,03	44,94	2 158,52
10 463,75	63%	48,02	44,94	2 158,33
10 498,75	62%	48,02	44,94	2 158,15
10 533,75	62%	48,01	44,94	2 157,96
10 568,75	62%	48,01	44,95	2 157,78
10 603,75	62%	48,00	44,95	2 157,59
10 638,75	62%	48,00	44,95	2 157,41



11 447,07	59,47%	56,36	67,20	3 787,84	44,28
11 477,07	59,58%	56,36	67,13	3 783,79	44,21
11 507,07	59,68%	56,36	67,06	3 779,75	44,14
11 537,07	59,78%	56,36	66,99	3 775,71	44,07
11 567,07	59,89%	56,36	66,92	3 771,68	44,00
11 597,07	59,99%	56,37	66,84	3 767,66	43,93
11 627,07	60,09%	56,37	66,77	3 763,64	43,86
11 657,07	60,20%	56,37	66,70	3 759,62	43,79
11 687,07	60,30%	56,37	66,63	3 755,62	43,72
11 714,07	60,39%	56,37	66,56	3 752,02	43,66
11 738,16	60,47%	56,37	66,51	3 748,81	43,61
11 762,24	60,56%	56,37	66,45	3 745,61	43,55
11 786,33	60,64%	56,37	66,39	3 742,41	43,50
11 816,33	60,74%	56,37	66,32	3 738,43	43,43
11 846,33	60,84%	56,37	66,25	3 734,46	43,36
11 876,33	60,94%	56,37	66,18	3 730,49	43,29
11 906,33	61,05%	56,37	66,11	3 726,53	43,22
11 936,33	61,15%	56,37	66,04	3 722,57	43,15
11 966,33	61,25%	56,37	65,97	3 718,62	43,08
11 996,33	61,35%	56,37	65,90	3 714,67	43,02
12 026,33	61,45%	56,37	65,82	3 710,73	42,95
12 056,33	61,55%	56,37	65,75	3 706,80	42,88
12 086,33	61,65%	56,37	65,68	3 702,87	42,81
12 116,33	61,75%	56,37	65,61	3 698,95	42,74
12 146,33	61,85%	56,37	65,54	3 695,03	42,68
12 176,33	61,95%	56,38	65,47	3 691,12	42,61
12 206,33	62,05%	56,38	65,40	3 687,22	42,54
12 236,33	62,15%	56,38	65,33	3 683,32	42,47
12 266,33	62,25%	56,38	65,26	3 679,43	42,41
12 296,33	62,35%	56,38	65,20	3 675,54	42,34
12 326,33	62,45%	56,38	65,13	3 671,66	42,27
12 356,33	62,55%	56,38	65,06	3 667,79	42,20
12 386,33	62,65%	56,38	64,99	3 663,92	42,14
12 416,33	62,75%	56,38	64,92	3 660,05	42,07
12 446,33	62,85%	56,38	64,85	3 656,20	42,00
12 476,33	62,95%	56,38	64,78	3 652,34	41,94
12 506,33	63,04%	56,38	64,71	3 648,50	41,87
12 536,33	63,14%	56,38	64,64	3 644,66	41,80
12 566,33	63,24%	56,38	64,57	3 640,82	41,74
12 596,33	63,34%	56,38	64,51	3 636,99	41,67
12 626,33	63,44%	56,38	64,44	3 633,17	41,61
12 656,33	63,53%	56,38	64,37	3 629,35	41,54
12 686,33	63,63%	56,38	64,30	3 625,54	41,47
12 716,33	63,73%	56,38	64,23	3 621,74	41,41
12 746,33	63,83%	56,39	64,16	3 617,94	41,34
12 776,33	63,92%	56,39	64,10	3 614,14	41,28
12 806,33	64,02%	56,39	64,03	3 610,35	41,21
12 836,33	64,12%	56,39	63,96	3 606,57	41,15
12 866,33	64,21%	56,39	63,89	3 602,79	41,08
12 896,33	64,31%	56,39	63,83	3 599,02	41,02
12 926,33	64,41%	56,39	63,76	3 595,26	40,95
12 956,33	64,50%	56,39	63,69	3 591,50	40,89
12 986,33	64,60%	56,39	63,62	3 587,74	40,82
13 016,33	64,69%	56,39	63,56	3 583,99	40,76
13 046,33	64,79%	56,39	63,49	3 580,25	40,69
13 076,33	64,89%	56,39	63,42	3 576,51	40,63
13 106,33	64,98%	56,39	63,36	3 572,78	40,56

10 673,75	62%	48,00	44,95	2 157,22
10 708,75	62%	47,99	44,95	2 157,04
10 743,75	62%	47,99	44,95	2 156,85
10 778,75	62%	47,98	44,95	2 156,67
10 813,75	62%	47,98	44,95	2 156,48
10 848,75	61%	47,97	44,95	2 156,30
10 883,75	61%	47,97	44,95	2 156,11
10 918,75	61%	47,96	44,95	2 155,93
10 953,75	61%	47,96	44,95	2 155,74
10 988,75	61%	47,95	44,95	2 155,56
11 023,75	61%	47,95	44,95	2 155,37
11 058,75	61%	47,94	44,95	2 155,18
11 093,75	61%	47,94	44,95	2 155,00
11 128,75	61%	47,93	44,95	2 154,81
11 163,75	60%	47,93	44,95	2 154,62
11 198,75	60%	47,92	44,96	2 154,44
11 233,75	60%	47,92	44,96	2 154,25
11 268,75	60%	47,91	44,96	2 154,07
11 303,75	60%	47,91	44,96	2 153,88
11 338,75	60%	47,91	44,96	2 153,69
11 373,75	60%	47,90	44,96	2 153,51
11 408,75	60%	47,90	44,96	2 153,32
11 443,75	60%	47,89	44,96	2 153,13
11 478,75	60%	47,89	44,96	2 152,94
11 513,75	59%	47,88	44,96	2 152,76
11 548,75	59%	47,88	44,96	2 152,57
11 583,75	59%	47,87	44,96	2 152,38
11 618,75	59%	47,87	44,96	2 152,19
11 653,75	59%	47,86	44,96	2 152,01
11 688,75	59%	47,86	44,96	2 151,82
11 723,75	59%	47,85	44,96	2 151,63
11 758,75	59%	47,85	44,96	2 151,44
11 793,75	59%	47,84	44,96	2 151,26
11 828,75	58%	47,84	44,96	2 151,07
11 863,75	58%	47,83	44,97	2 150,88
11 898,75	58%	47,83	44,97	2 150,69
11 933,75	58%	47,82	44,97	2 150,50
11 968,75	58%	47,82	44,97	2 150,31
12 003,75	58%	47,81	44,97	2 150,12
12 038,75	58%	47,81	44,97	2 149,94
12 073,75	58%	47,81	44,97	2 149,75
12 108,75	58%	47,80	44,97	2 149,56
12 143,75	58%	47,80	44,97	2 149,37
12 178,75	57%	47,79	44,97	2 149,18
12 213,75	57%	47,79	44,97	2 148,99
12 248,75	57%	47,78	44,97	2 148,80
12 283,75	57%	47,78	44,97	2 148,61
12 318,75	57%	47,77	44,97	2 148,42
12 353,75	57%	47,77	44,97	2 148,23
12 388,75	57%	47,76	44,97	2 148,04
12 423,75	57%	47,76	44,97	2 147,85
12 458,75	57%	47,75	44,97	2 147,66
12 493,75	56%	47,75	44,98	2 147,47
12 528,75	56%	47,74	44,98	2 147,28
12 563,75	56%	47,74	44,98	2 147,09
12 598,75	56%	47,73	44,98	2 146,90
12 633,75	56%	47,73	44,98	2 146,71

13 136,33	65,08%	56,39	63,29	3 569,05	40,50
13 166,33	65,17%	56,39	63,22	3 565,33	40,43
13 196,33	65,27%	56,39	63,16	3 561,62	40,37
13 226,33	65,36%	56,39	63,09	3 557,91	40,31
13 256,33	65,46%	56,39	63,02	3 554,20	40,24
13 286,33	65,55%	56,39	62,96	3 550,50	40,18
13 316,33	65,64%	56,39	62,89	3 546,81	40,11
13 346,33	65,74%	56,40	62,83	3 543,12	40,05
13 376,33	65,83%	56,40	62,76	3 539,44	39,99
13 406,33	65,93%	56,40	62,70	3 535,77	39,92
13 436,33	66,02%	56,40	62,63	3 532,10	39,86
13 466,33	66,11%	56,40	62,56	3 528,43	39,80
13 496,33	66,21%	56,40	62,50	3 524,77	39,73
13 526,33	66,30%	56,40	62,43	3 521,12	39,67
13 556,33	66,39%	56,40	62,37	3 517,47	39,61
13 586,33	66,49%	56,40	62,30	3 513,83	39,54
13 616,33	66,58%	56,40	62,24	3 510,19	39,48
13 646,33	66,67%	56,40	62,17	3 506,56	39,42
13 676,33	66,76%	56,40	62,11	3 502,93	39,35
13 706,33	66,86%	56,40	62,04	3 499,31	39,29
13 736,33	66,95%	56,40	61,98	3 495,69	39,23
13 766,33	67,04%	56,40	61,91	3 492,08	39,17
13 796,33	67,13%	56,40	61,85	3 488,48	39,11
13 826,33	67,23%	56,40	61,79	3 484,88	39,04
13 856,33	67,32%	56,40	61,72	3 481,29	38,98
13 886,33	67,41%	56,40	61,66	3 477,70	38,92
13 916,33	67,50%	56,40	61,59	3 474,12	38,86
13 946,33	67,59%	56,40	61,53	3 470,54	38,79
13 976,33	67,68%	56,41	61,47	3 466,97	38,73
14 006,33	67,77%	56,41	61,40	3 463,40	38,67
14 036,33	67,86%	56,41	61,34	3 459,84	38,61
14 066,33	67,95%	56,41	61,27	3 456,28	38,55
14 096,33	68,05%	56,41	61,21	3 452,73	38,49
14 126,33	68,14%	56,41	61,15	3 449,19	38,43
14 156,33	68,23%	56,41	61,08	3 445,65	38,36
14 186,33	68,32%	56,41	61,02	3 442,11	38,30
14 216,33	68,41%	56,41	60,96	3 438,58	38,24
14 246,33	68,50%	56,41	60,90	3 435,06	38,18
14 276,33	68,59%	56,41	60,83	3 431,54	38,12
14 306,33	68,67%	56,41	60,77	3 428,03	38,06
14 336,33	68,76%	56,41	60,71	3 424,52	38,00
14 366,33	68,85%	56,41	60,64	3 421,02	37,94
14 396,33	68,94%	56,41	60,58	3 417,52	37,88
14 426,33	69,03%	56,41	60,52	3 414,03	37,82
14 456,33	69,12%	56,41	60,46	3 410,55	37,76
14 486,33	69,21%	56,41	60,40	3 407,06	37,70
14 516,33	69,30%	56,41	60,33	3 403,59	37,64
14 546,33	69,39%	56,41	60,27	3 400,12	37,58
14 576,33	69,47%	56,41	60,21	3 396,65	37,52
14 606,33	69,56%	56,41	60,15	3 393,19	37,46
14 636,33	69,65%	56,42	60,09	3 389,74	37,40
14 666,33	69,74%	56,42	60,02	3 386,29	37,34
14 696,33	69,83%	56,42	59,96	3 382,84	37,28
14 726,33	69,91%	56,42	59,90	3 379,41	37,22
14 756,33	70,00%	56,42	59,84	3 375,97	37,16
14 786,33	70,09%	56,42	59,78	3 372,54	37,10
14 816,33	70,18%	56,42	59,72	3 369,12	37,04

12 668,75	56%	47,72	44,98	2 146,52
12 703,75	56%	47,72	44,98	2 146,33
12 738,75	56%	47,71	44,98	2 146,14
12 773,75	56%	47,71	44,98	2 145,95
12 808,75	56%	47,70	44,98	2 145,76
12 843,75	55%	47,70	44,98	2 145,57
12 878,75	55%	47,69	44,98	2 145,38
12 913,75	55%	47,69	44,98	2 145,19
12 948,75	55%	47,69	44,98	2 145,00
12 983,75	55%	47,68	44,98	2 144,80
13 018,75	55%	47,68	44,98	2 144,61
13 053,75	55%	47,67	44,98	2 144,42
13 088,75	55%	47,67	44,98	2 144,23
13 123,75	55%	47,66	44,99	2 144,04
13 158,75	55%	47,66	44,99	2 143,85
13 193,75	54%	47,65	44,99	2 143,66
13 228,75	54%	47,65	44,99	2 143,46
13 263,75	54%	47,64	44,99	2 143,27
13 298,75	54%	47,64	44,99	2 143,08
13 333,75	54%	47,63	44,99	2 142,89
13 368,75	54%	47,63	44,99	2 142,69
13 403,75	54%	47,62	44,99	2 142,50
13 438,75	54%	47,62	44,99	2 142,31
13 473,75	54%	47,61	44,99	2 142,12
13 508,75	53%	47,61	44,99	2 141,92
13 543,75	53%	47,60	44,99	2 141,73
13 578,75	53%	47,60	44,99	2 141,54
13 613,75	53%	47,59	44,99	2 141,35
13 648,75	53%	47,59	44,99	2 141,15
13 683,75	53%	47,58	44,99	2 140,96
13 718,75	53%	47,58	44,99	2 140,77
13 753,75	53%	47,57	45,00	2 140,57
13 788,75	53%	47,57	45,00	2 140,38
13 823,75	53%	47,56	45,00	2 140,19
13 858,75	52%	47,56	45,00	2 139,99
13 893,75	52%	47,55	45,00	2 139,80
13 928,75	52%	47,55	45,00	2 139,60
13 963,75	52%	47,54	45,00	2 139,41
13 998,75	52%	47,54	45,00	2 139,22
14 033,75	52%	47,53	45,00	2 139,02
14 068,75	52%	47,53	45,00	2 138,83
14 103,75	52%	47,52	45,00	2 138,63
14 138,75	52%	47,52	45,00	2 138,44
14 173,75	51%	47,51	45,00	2 138,24
14 208,75	51%	47,51	45,00	2 138,05
14 243,75	51%	47,50	45,00	2 137,86
14 278,75	51%	47,50	45,00	2 137,66
14 313,75	51%	47,50	45,00	2 137,47
14 348,75	51%	47,49	45,00	2 137,27
14 383,75	51%	47,49	45,01	2 137,08
14 418,75	51%	47,48	45,01	2 136,88
14 453,75	51%	47,48	45,01	2 136,69
14 488,75	51%	47,47	45,01	2 136,49
14 523,75	50%	47,47	45,01	2 136,29
14 558,75	50%	47,46	45,01	2 136,10
14 593,75	50%	47,46	45,01	2 135,90
14 628,75	50%	47,45	45,01	2 135,71

14 846,33	70,26%	56,42	59,66	3 365,70	36,98
14 876,33	70,35%	56,42	59,60	3 362,29	36,92
14 906,33	70,44%	56,42	59,53	3 358,88	36,87
14 936,33	70,52%	56,42	59,47	3 355,48	36,81
14 966,33	70,61%	56,42	59,41	3 352,08	36,75
14 996,33	70,70%	56,42	59,35	3 348,69	36,69
15 026,33	70,78%	56,42	59,29	3 345,30	36,63
15 056,33	70,87%	56,42	59,23	3 341,92	36,57
15 086,33	70,95%	56,42	59,17	3 338,54	36,51
15 116,33	71,04%	56,42	59,11	3 335,17	36,46
15 146,33	71,12%	56,42	59,05	3 331,80	36,40
15 176,33	71,21%	56,42	58,99	3 328,44	36,34
15 206,33	71,30%	56,42	58,93	3 325,09	36,28
15 236,33	71,38%	56,42	58,87	3 321,74	36,22
15 266,33	71,47%	56,42	58,81	3 318,39	36,17
15 296,33	71,55%	56,43	58,75	3 315,05	36,11
15 326,33	71,64%	56,43	58,69	3 311,71	36,05
15 356,33	71,72%	56,43	58,63	3 308,38	35,99
15 386,33	71,81%	56,43	58,57	3 305,06	35,94
15 416,33	71,89%	56,43	58,51	3 301,74	35,88
15 446,33	71,97%	56,43	58,45	3 298,42	35,82
15 476,33	72,06%	56,43	58,40	3 295,11	35,76
15 506,33	72,14%	56,43	58,34	3 291,80	35,71
15 536,33	72,23%	56,43	58,28	3 288,50	35,65
15 566,33	72,31%	56,43	58,22	3 285,21	35,59
15 596,33	72,39%	56,43	58,16	3 281,92	35,54
15 626,33	72,48%	56,43	58,10	3 278,63	35,48
15 656,33	72,56%	56,43	58,04	3 275,35	35,42
15 686,33	72,64%	56,43	57,98	3 272,08	35,37
15 716,33	72,73%	56,43	57,93	3 268,81	35,31
15 746,33	72,81%	56,43	57,87	3 265,54	35,25
15 776,33	72,89%	56,43	57,81	3 262,28	35,20
15 806,33	72,97%	56,43	57,75	3 259,03	35,14
15 836,33	73,06%	56,43	57,69	3 255,78	35,08
15 866,33	73,14%	56,43	57,64	3 252,53	35,03
15 896,33	73,22%	56,43	57,58	3 249,29	34,97
15 926,33	73,30%	56,43	57,52	3 246,06	34,92
15 956,33	73,39%	56,43	57,46	3 242,82	34,86
15 986,33	73,47%	56,43	57,40	3 239,60	34,80
16 016,33	73,55%	56,44	57,35	3 236,38	34,75
16 046,33	73,63%	56,44	57,29	3 233,16	34,69
16 076,33	73,71%	56,44	57,23	3 229,95	34,64
16 106,33	73,79%	56,44	57,17	3 226,75	34,58
16 136,33	73,88%	56,44	57,12	3 223,55	34,53
16 166,33	73,96%	56,44	57,06	3 220,35	34,47
16 196,33	74,04%	56,44	57,00	3 217,16	34,42
16 226,33	74,12%	56,44	56,95	3 213,97	34,36
16 256,33	74,20%	56,44	56,89	3 210,79	34,31
16 286,33	74,28%	56,44	56,83	3 207,61	34,25
16 316,33	74,36%	56,44	56,78	3 204,44	34,20
16 346,33	74,44%	56,44	56,72	3 201,27	34,14
16 376,33	74,52%	56,44	56,66	3 198,11	34,09
16 406,33	74,60%	56,44	56,61	3 194,96	34,03
16 436,33	74,68%	56,44	56,55	3 191,80	33,98
16 466,33	74,76%	56,44	56,49	3 188,66	33,92
16 496,33	74,84%	56,44	56,44	3 185,51	33,87
16 526,33	74,92%	56,44	56,38	3 182,38	33,82

14 663,75	50%	47,45	45,01	2 135,51
14 698,75	50%	47,44	45,01	2 135,32
14 733,75	50%	47,44	45,01	2 135,12
14 768,75	50%	47,43	45,01	2 134,92
14 803,75	50%	47,43	45,01	2 134,73
14 838,75	50%	47,42	45,01	2 134,53
14 873,75	49%	47,42	45,01	2 134,33
14 908,75	49%	47,41	45,01	2 134,14
14 943,75	49%	47,41	45,01	2 133,94
14 978,75	49%	47,40	45,01	2 133,75
15 013,75	49%	47,40	45,01	2 133,55
15 048,75	49%	47,39	45,02	2 133,35
15 083,75	49%	47,39	45,02	2 133,15
15 118,75	49%	47,38	45,02	2 132,96
15 153,75	49%	47,38	45,02	2 132,76
15 188,75	48%	47,37	45,02	2 132,56
15 223,75	48%	47,37	45,02	2 132,37
15 258,75	48%	47,36	45,02	2 132,17
15 293,75	48%	47,36	45,02	2 131,97
15 328,75	48%	47,35	45,02	2 131,77
15 363,75	48%	47,35	45,02	2 131,58
15 398,75	48%	47,34	45,02	2 131,38
15 433,75	48%	47,34	45,02	2 131,18
15 468,75	48%	47,33	45,02	2 130,98
15 503,75	48%	47,33	45,02	2 130,78
15 538,75	47%	47,32	45,02	2 130,59
15 573,75	47%	47,32	45,02	2 130,39
15 608,75	47%	47,31	45,02	2 130,19
15 643,75	47%	47,31	45,02	2 129,99
15 678,75	47%	47,30	45,03	2 129,79
15 713,75	47%	47,30	45,03	2 129,59
15 748,75	47%	47,29	45,03	2 129,40
15 783,75	47%	47,29	45,03	2 129,20
15 818,75	47%	47,28	45,03	2 129,00
15 853,75	47%	47,28	45,03	2 128,80
15 888,75	46%	47,27	45,03	2 128,60
15 923,75	46%	47,27	45,03	2 128,40
15 958,75	46%	47,26	45,03	2 128,20
15 993,75	46%	47,26	45,03	2 128,00
16 028,75	46%	47,25	45,03	2 127,80
16 063,75	46%	47,25	45,03	2 127,60
16 098,75	46%	47,24	45,03	2 127,40
16 133,75	46%	47,24	45,03	2 127,20
16 168,75	46%	47,23	45,03	2 127,00
16 203,75	45%	47,23	45,03	2 126,80
16 238,75	45%	47,22	45,03	2 126,60
16 273,75	45%	47,22	45,03	2 126,40
16 308,75	45%	47,21	45,04	2 126,20
16 343,75	45%	47,21	45,04	2 126,00
16 378,75	45%	47,20	45,04	2 125,80
16 413,75	45%	47,20	45,04	2 125,60
16 448,75	45%	47,19	45,04	2 125,40
16 483,75	45%	47,19	45,04	2 125,20
16 518,75	45%	47,18	45,04	2 125,00
16 553,75	44%	47,18	45,04	2 124,80
16 588,75	44%	47,17	45,04	2 124,60
16 623,75	44%	47,17	45,04	2 124,40

16 556,33	75,00%	56,44	56,33	3 179,24	33,76
16 586,33	75,08%	56,44	56,27	3 176,11	33,71
16 616,33	75,16%	56,44	56,22	3 172,99	33,65
16 646,33	75,24%	56,44	56,16	3 169,87	33,60
16 676,33	75,32%	56,44	56,10	3 166,76	33,55
16 706,33	75,40%	56,44	56,05	3 163,65	33,49
16 736,33	75,47%	56,45	55,99	3 160,54	33,44
16 766,33	75,55%	56,45	55,94	3 157,45	33,39
16 796,33	75,63%	56,45	55,88	3 154,35	33,33
16 826,33	75,71%	56,45	55,83	3 151,26	33,28
16 856,33	75,79%	56,45	55,77	3 148,18	33,23
16 886,33	75,87%	56,45	55,72	3 145,09	33,17
16 916,33	75,94%	56,45	55,66	3 142,02	33,12
16 946,33	76,02%	56,45	55,61	3 138,95	33,07
16 976,33	76,10%	56,45	55,55	3 135,88	33,01
17 006,33	76,18%	56,45	55,50	3 132,82	32,96
17 036,33	76,25%	56,45	55,44	3 129,76	32,91
17 066,33	76,33%	56,45	55,39	3 126,71	32,85
17 096,33	76,41%	56,45	55,34	3 123,66	32,80
17 126,33	76,49%	56,45	55,28	3 120,62	32,75
17 156,33	76,56%	56,45	55,23	3 117,58	32,70
17 186,33	76,64%	56,45	55,17	3 114,55	32,64
17 216,33	76,72%	56,45	55,12	3 111,52	32,59
17 246,33	76,79%	56,45	55,06	3 108,49	32,54
17 276,33	76,87%	56,45	55,01	3 105,47	32,49
17 306,33	76,95%	56,45	54,96	3 102,46	32,44
17 336,33	77,02%	56,45	54,90	3 099,45	32,38
17 366,33	77,10%	56,45	54,85	3 096,44	32,33
17 396,33	77,17%	56,45	54,80	3 093,44	32,28
17 426,33	77,25%	56,45	54,74	3 090,45	32,23
17 456,33	77,33%	56,45	54,69	3 087,45	32,18
17 486,33	77,40%	56,46	54,64	3 084,47	32,12
17 516,33	77,48%	56,46	54,58	3 081,48	32,07
17 546,33	77,55%	56,46	54,53	3 078,51	32,02
17 576,33	77,63%	56,46	54,48	3 075,53	31,97
17 606,33	77,70%	56,46	54,42	3 072,56	31,92
17 636,33	77,78%	56,46	54,37	3 069,60	31,87
17 666,33	77,85%	56,46	54,32	3 066,64	31,82
17 696,33	77,93%	56,46	54,27	3 063,69	31,77
17 726,33	78,00%	56,46	54,21	3 060,73	31,72
17 756,33	78,08%	56,46	54,16	3 057,79	31,66
17 786,33	78,15%	56,46	54,11	3 054,85	31,61
17 816,33	78,23%	56,46	54,05	3 051,91	31,56
17 846,33	78,30%	56,46	54,00	3 048,98	31,51
17 876,33	78,37%	56,46	53,95	3 046,05	31,46
17 906,33	78,45%	56,46	53,90	3 043,13	31,41
17 936,33	78,52%	56,46	53,85	3 040,21	31,36
17 966,33	78,60%	56,46	53,79	3 037,29	31,31
17 996,33	78,67%	56,46	53,74	3 034,38	31,26
18 026,33	78,74%	56,46	53,69	3 031,48	31,21
18 056,33	78,82%	56,46	53,64	3 028,58	31,16
18 086,33	78,89%	56,46	53,59	3 025,68	31,11
18 116,33	78,96%	56,46	53,54	3 022,79	31,06
18 146,33	79,04%	56,46	53,48	3 019,90	31,01
18 176,33	79,11%	56,46	53,43	3 017,02	30,96
18 206,33	79,18%	56,46	53,38	3 014,14	30,91
18 236,33	79,25%	56,46	53,33	3 011,26	30,86

16 658,75	44%	47,16	45,04	2 124,20
16 693,75	44%	47,16	45,04	2 124,00
16 728,75	44%	47,15	45,04	2 123,79
16 763,75	44%	47,15	45,04	2 123,59
16 798,75	44%	47,14	45,04	2 123,39
16 833,75	44%	47,14	45,04	2 123,19
16 868,75	44%	47,13	45,04	2 122,99
16 903,75	43%	47,13	45,04	2 122,79
16 938,75	43%	47,12	45,05	2 122,58
16 973,75	43%	47,12	45,05	2 122,38
17 008,75	43%	47,11	45,05	2 122,18
17 043,75	43%	47,11	45,05	2 121,98
17 078,75	43%	47,10	45,05	2 121,78
17 113,75	43%	47,10	45,05	2 121,57
17 148,75	43%	47,09	45,05	2 121,37
17 183,75	43%	47,09	45,05	2 121,17
17 218,75	42%	47,08	45,05	2 120,97
17 253,75	42%	47,08	45,05	2 120,76
17 288,75	42%	47,07	45,05	2 120,56
17 323,75	42%	47,07	45,05	2 120,36
17 358,75	42%	47,06	45,05	2 120,16
17 393,75	42%	47,06	45,05	2 119,95
17 428,75	42%	47,05	45,05	2 119,75
17 463,75	42%	47,05	45,05	2 119,55
17 498,75	42%	47,04	45,05	2 119,34
17 533,75	42%	47,04	45,05	2 119,14
17 568,75	41%	47,03	45,05	2 118,94
17 603,75	41%	47,02	45,06	2 118,73
17 638,75	41%	47,02	45,06	2 118,53
17 673,75	41%	47,01	45,06	2 118,33
17 708,75	41%	47,01	45,06	2 118,12
17 743,75	41%	47,00	45,06	2 117,92
17 778,75	41%	47,00	45,06	2 117,71
17 813,75	41%	46,99	45,06	2 117,51
17 848,75	41%	46,99	45,06	2 117,31
17 883,75	41%	46,98	45,06	2 117,10
17 918,75	40%	46,98	45,06	2 116,90
17 953,75	40%	46,97	45,06	2 116,69
17 988,75	40%	46,97	45,06	2 116,49
18 023,75	40%	46,96	45,06	2 116,28
18 058,75	40%	46,96	45,06	2 116,08
18 093,75	40%	46,95	45,06	2 115,87
18 128,75	40%	46,95	45,06	2 115,67
18 163,75	40%	46,94	45,06	2 115,46
18 198,75	40%	46,94	45,06	2 115,26
18 233,75	39%	46,93	45,07	2 115,05
18 268,75	39%	46,93	45,07	2 114,85
18 303,75	39%	46,92	45,07	2 114,64
18 338,75	39%	46,92	45,07	2 114,44
18 373,75	39%	46,91	45,07	2 114,23
18 408,75	39%	46,91	45,07	2 114,03
18 443,75	39%	46,90	45,07	2 113,82
18 478,75	39%	46,90	45,07	2 113,62
18 513,75	39%	46,89	45,07	2 113,41
18 548,75	39%	46,89	45,07	2 113,20
18 583,75	38%	46,88	45,07	2 113,00
18 618,75	38%	46,88	45,07	2 112,79

18 266,33	79,33%	56,47	53,28	3 008,39	30,81
18 296,33	79,40%	56,47	53,23	3 005,53	30,76
18 326,33	79,47%	56,47	53,18	3 002,67	30,71
18 356,33	79,54%	56,47	53,13	2 999,81	30,66
18 386,33	79,61%	56,47	53,08	2 996,96	30,61
18 416,33	79,69%	56,47	53,02	2 994,11	30,56
18 446,33	79,76%	56,47	52,97	2 991,27	30,52
18 476,33	79,83%	56,47	52,92	2 988,43	30,47
18 506,33	79,90%	56,47	52,87	2 985,60	30,42
18 536,33	79,97%	56,47	52,82	2 982,76	30,37
18 566,33	80,05%	56,47	52,77	2 979,94	30,32
18 596,33	80,12%	56,47	52,72	2 977,12	30,27
18 626,33	80,19%	56,47	52,67	2 974,30	30,22
18 656,33	80,26%	56,47	52,62	2 971,49	30,17
18 686,33	80,33%	56,47	52,57	2 968,68	30,13
18 716,33	80,40%	56,47	52,52	2 965,88	30,08
18 746,33	80,47%	56,47	52,47	2 963,08	30,03
18 776,33	80,54%	56,47	52,42	2 960,28	29,98
18 806,33	80,61%	56,47	52,37	2 957,49	29,93
18 836,33	80,68%	56,47	52,32	2 954,70	29,88
18 866,33	80,75%	56,47	52,27	2 951,92	29,84
18 896,33	80,82%	56,47	52,22	2 949,14	29,79
18 926,33	80,89%	56,47	52,17	2 946,37	29,74
18 956,33	80,96%	56,47	52,12	2 943,60	29,69
18 986,33	81,03%	56,47	52,07	2 940,83	29,64
19 016,33	81,10%	56,47	52,03	2 938,07	29,60
19 046,33	81,17%	56,47	51,98	2 935,32	29,55
19 076,33	81,24%	56,47	51,93	2 932,57	29,50
19 106,33	81,31%	56,48	51,88	2 929,82	29,45
19 136,33	81,38%	56,48	51,83	2 927,07	29,41
19 166,33	81,45%	56,48	51,78	2 924,33	29,36
19 196,33	81,52%	56,48	51,73	2 921,60	29,31
19 226,33	81,59%	56,48	51,68	2 918,87	29,27
19 256,33	81,66%	56,48	51,63	2 916,14	29,22
19 286,33	81,72%	56,48	51,59	2 913,42	29,17
19 316,33	81,79%	56,48	51,54	2 910,70	29,12
19 346,33	81,86%	56,48	51,49	2 907,99	29,08
19 376,33	81,93%	56,48	51,44	2 905,28	29,03
19 406,33	82,00%	56,48	51,39	2 902,57	28,98
19 436,33	82,07%	56,48	51,34	2 899,87	28,94
19 466,33	82,13%	56,48	51,30	2 897,17	28,89
19 496,33	82,20%	56,48	51,25	2 894,48	28,84
19 526,33	82,27%	56,48	51,20	2 891,79	28,80
19 556,33	82,34%	56,48	51,15	2 889,10	28,75
19 586,33	82,41%	56,48	51,10	2 886,42	28,71
19 616,33	82,47%	56,48	51,06	2 883,75	28,66
19 646,33	82,54%	56,48	51,01	2 881,07	28,61
19 676,33	82,61%	56,48	50,96	2 878,41	28,57
19 706,33	82,68%	56,48	50,91	2 875,74	28,52
19 736,33	82,74%	56,48	50,87	2 873,08	28,48
19 766,33	82,81%	56,48	50,82	2 870,43	28,43
19 796,33	82,88%	56,48	50,77	2 867,78	28,38
19 826,33	82,94%	56,48	50,72	2 865,13	28,34
19 856,33	83,01%	56,48	50,68	2 862,48	28,29
19 886,33	83,08%	56,48	50,63	2 859,84	28,25
19 916,33	83,14%	56,48	50,58	2 857,21	28,20
19 946,33	83,21%	56,48	50,54	2 854,58	28,16

18 653,75	38%	46,87	45,07	2 112,59
18 688,75	38%	46,87	45,07	2 112,38
18 723,75	38%	46,86	45,07	2 112,17
18 758,75	38%	46,86	45,07	2 111,97
18 793,75	38%	46,85	45,07	2 111,76
18 828,75	38%	46,85	45,07	2 111,55
18 863,75	38%	46,84	45,08	2 111,35
18 898,75	38%	46,84	45,08	2 111,14
18 933,75	37%	46,83	45,08	2 110,93
18 968,75	37%	46,82	45,08	2 110,73
19 003,75	37%	46,82	45,08	2 110,52
19 038,75	37%	46,81	45,08	2 110,31
19 073,75	37%	46,81	45,08	2 110,10
19 108,75	37%	46,80	45,08	2 109,90
19 143,75	37%	46,80	45,08	2 109,69
19 178,75	37%	46,79	45,08	2 109,48
19 213,75	37%	46,79	45,08	2 109,27
19 248,75	37%	46,78	45,08	2 109,07
19 283,75	36%	46,78	45,08	2 108,86
19 318,75	36%	46,77	45,08	2 108,65
19 353,75	36%	46,77	45,08	2 108,44
19 388,75	36%	46,76	45,08	2 108,23
19 423,75	36%	46,76	45,08	2 108,03
19 458,75	36%	46,75	45,08	2 107,82
19 493,75	36%	46,75	45,09	2 107,61
19 528,75	36%	46,74	45,09	2 107,40
19 563,75	36%	46,74	45,09	2 107,19
19 598,75	35%	46,73	45,09	2 106,98
19 633,75	35%	46,73	45,09	2 106,77
19 668,75	35%	46,72	45,09	2 106,57
19 703,75	35%	46,72	45,09	2 106,36
19 738,75	35%	46,71	45,09	2 106,15
19 773,75	35%	46,71	45,09	2 105,94
19 808,75	35%	46,70	45,09	2 105,73
19 843,75	35%	46,70	45,09	2 105,52
19 878,75	35%	46,69	45,09	2 105,31
19 913,75	35%	46,68	45,09	2 105,10
19 948,75	34%	46,68	45,09	2 104,89
19 983,75	34%	46,67	45,09	2 104,68
20 018,75	34%	46,67	45,09	2 104,47
20 053,75	34%	46,66	45,09	2 104,26
20 088,75	34%	46,66	45,09	2 104,05
20 123,75	34%	46,65	45,09	2 103,84
20 158,75	34%	46,65	45,10	2 103,63
20 193,75	34%	46,64	45,10	2 103,42
20 228,75	34%	46,64	45,10	2 103,21
20 263,75	34%	46,63	45,10	2 103,00
20 298,75	33%	46,63	45,10	2 102,79
20 333,75	33%	46,62	45,10	2 102,58
20 368,75	33%	46,62	45,10	2 102,37
20 403,75	33%	46,61	45,10	2 102,16
20 438,75	33%	46,61	45,10	2 101,95
20 473,75	33%	46,60	45,10	2 101,74
20 508,75	33%	46,60	45,10	2 101,53
20 543,75	33%	46,59	45,10	2 101,32
20 578,75	33%	46,59	45,10	2 101,11
20 613,75	33%	46,58	45,10	2 100,90

19 976,33	83,27%	56,49	50,49	2 851,95	28,11
20 006,33	83,34%	56,49	50,44	2 849,33	28,07
20 036,33	83,41%	56,49	50,40	2 846,71	28,02
20 066,33	83,47%	56,49	50,35	2 844,10	27,97
20 096,33	83,54%	56,49	50,30	2 841,48	27,93
20 126,33	83,60%	56,49	50,26	2 838,88	27,88
20 156,33	83,67%	56,49	50,21	2 836,28	27,84
20 186,33	83,74%	56,49	50,16	2 833,68	27,80
20 216,33	83,80%	56,49	50,12	2 831,08	27,75
20 246,33	83,87%	56,49	50,07	2 828,49	27,71
20 276,33	83,93%	56,49	50,03	2 825,91	27,66
20 306,33	84,00%	56,49	49,98	2 823,32	27,62
20 336,33	84,06%	56,49	49,93	2 820,74	27,57
20 366,33	84,13%	56,49	49,89	2 818,17	27,53
20 396,33	84,19%	56,49	49,84	2 815,60	27,48
20 426,33	84,26%	56,49	49,80	2 813,03	27,44
20 456,33	84,32%	56,49	49,75	2 810,47	27,39
20 486,33	84,38%	56,49	49,71	2 807,91	27,35
20 516,33	84,45%	56,49	49,66	2 805,36	27,31
20 546,33	84,51%	56,49	49,61	2 802,81	27,26
20 576,33	84,58%	56,49	49,57	2 800,26	27,22
20 606,33	84,64%	56,49	49,52	2 797,72	27,17
20 636,33	84,70%	56,49	49,48	2 795,18	27,13
20 666,33	84,77%	56,49	49,43	2 792,65	27,09
20 696,33	84,83%	56,49	49,39	2 790,12	27,04
20 726,33	84,90%	56,49	49,34	2 787,59	27,00
20 756,33	84,96%	56,49	49,30	2 785,07	26,96
20 786,33	85,02%	56,49	49,25	2 782,55	26,91
20 816,33	85,09%	56,49	49,21	2 780,03	26,87
20 846,33	85,15%	56,49	49,16	2 777,52	26,83
20 876,33	85,21%	56,50	49,12	2 775,01	26,78
20 906,33	85,28%	56,50	49,07	2 772,51	26,74
20 936,33	85,34%	56,50	49,03	2 770,01	26,70
20 966,33	85,40%	56,50	48,99	2 767,52	26,65
20 996,33	85,46%	56,50	48,94	2 765,03	26,61
21 026,33	85,53%	56,50	48,90	2 762,54	26,57
21 056,33	85,59%	56,50	48,85	2 760,05	26,52
21 086,33	85,65%	56,50	48,81	2 757,57	26,48
21 116,33	85,71%	56,50	48,76	2 755,10	26,44
21 146,33	85,78%	56,50	48,72	2 752,63	26,40
21 176,33	85,84%	56,50	48,68	2 750,16	26,35
21 206,33	85,90%	56,50	48,63	2 747,69	26,31
21 236,33	85,96%	56,50	48,59	2 745,23	26,27
21 266,33	86,02%	56,50	48,55	2 742,78	26,23
21 296,33	86,09%	56,50	48,50	2 740,32	26,18
21 326,33	86,15%	56,50	48,46	2 737,88	26,14
21 356,33	86,21%	56,50	48,41	2 735,43	26,10
21 386,33	86,27%	56,50	48,37	2 732,99	26,06
21 416,33	86,33%	56,50	48,33	2 730,55	26,02
21 446,33	86,39%	56,50	48,28	2 728,12	25,97
21 476,33	86,45%	56,50	48,24	2 725,69	25,93
21 506,33	86,51%	56,50	48,20	2 723,26	25,89
21 536,33	86,58%	56,50	48,15	2 720,84	25,85
21 566,33	86,64%	56,50	48,11	2 718,42	25,81
21 596,33	86,70%	56,50	48,07	2 716,01	25,76
21 626,33	86,76%	56,50	48,03	2 713,59	25,72
21 656,33	86,82%	56,50	47,98	2 711,19	25,68

20 648,75	32%	46,58	45,10	2 100,68
20 683,75	32%	46,57	45,10	2 100,47
20 718,75	32%	46,56	45,10	2 100,26
20 753,75	32%	46,56	45,10	2 100,05
20 788,75	32%	46,55	45,11	2 099,84
20 823,75	32%	46,55	45,11	2 099,63
20 858,75	32%	46,54	45,11	2 099,41
20 893,75	32%	46,54	45,11	2 099,20
20 928,75	32%	46,53	45,11	2 098,99
20 963,75	32%	46,53	45,11	2 098,78
20 998,75	31%	46,52	45,11	2 098,57
21 033,75	31%	46,52	45,11	2 098,35
21 068,75	31%	46,51	45,11	2 098,14
21 103,75	31%	46,51	45,11	2 097,93
21 138,75	31%	46,50	45,11	2 097,72
21 173,75	31%	46,50	45,11	2 097,51
21 208,75	31%	46,49	45,11	2 097,29
21 243,75	31%	46,49	45,11	2 097,08
21 278,75	31%	46,48	45,11	2 096,87
21 313,75	30%	46,47	45,11	2 096,65
21 348,75	30%	46,47	45,11	2 096,44
21 383,75	30%	46,46	45,11	2 096,23
21 418,75	30%	46,46	45,12	2 096,01
21 453,75	30%	46,45	45,12	2 095,80
21 488,75	30%	46,45	45,12	2 095,59
21 523,75	30%	46,44	45,12	2 095,37
21 558,75	30%	46,44	45,12	2 095,16
21 593,75	30%	46,43	45,12	2 094,95
21 628,75	30%	46,43	45,12	2 094,73
21 663,75	29%	46,42	45,12	2 094,52
21 698,75	29%	46,42	45,12	2 094,31
21 733,75	29%	46,41	45,12	2 094,09
21 768,75	29%	46,41	45,12	2 093,88
21 803,75	29%	46,40	45,12	2 093,66
21 838,75	29%	46,40	45,12	2 093,45
21 873,75	29%	46,39	45,12	2 093,24
21 908,75	29%	46,38	45,12	2 093,02
21 943,75	29%	46,38	45,12	2 092,81
21 978,75	29%	46,37	45,12	2 092,59
22 013,75	28%	46,37	45,12	2 092,38
22 048,75	28%	46,36	45,13	2 092,16
22 083,75	28%	46,36	45,13	2 091,95
22 118,75	28%	46,35	45,13	2 091,73
22 153,75	28%	46,35	45,13	2 091,52
22 188,75	28%	46,34	45,13	2 091,30
22 223,75	28%	46,34	45,13	2 091,09
22 258,75	28%	46,33	45,13	2 090,87
22 293,75	28%	46,33	45,13	2 090,66
22 328,75	28%	46,32	45,13	2 090,44
22 363,75	27%	46,32	45,13	2 090,23
22 398,75	27%	46,31	45,13	2 090,01
22 433,75	27%	46,30	45,13	2 089,80
22 468,75	27%	46,30	45,13	2 089,58
22 503,75	27%	46,29	45,13	2 089,36
22 538,75	27%	46,29	45,13	2 089,15
22 573,75	27%	46,28	45,13	2 088,93
22 608,75	27%	46,28	45,13	2 088,72

21 686,33	86,88%	56,50	47,94	2 708,78	25,64
21 716,33	86,94%	56,50	47,90	2 706,38	25,60
21 746,33	87,00%	56,50	47,85	2 703,99	25,56
21 776,33	87,06%	56,50	47,81	2 701,60	25,52
21 806,33	87,12%	56,50	47,77	2 699,21	25,47
21 836,33	87,18%	56,51	47,73	2 696,82	25,43
21 866,33	87,24%	56,51	47,68	2 694,44	25,39
21 896,33	87,30%	56,51	47,64	2 692,07	25,35
21 926,33	87,36%	56,51	47,60	2 689,69	25,31
21 956,33	87,42%	56,51	47,56	2 687,32	25,27
21 986,33	87,48%	56,51	47,52	2 684,96	25,23
22 016,33	87,54%	56,51	47,47	2 682,59	25,19
22 046,33	87,60%	56,51	47,43	2 680,23	25,15
22 076,33	87,65%	56,51	47,39	2 677,88	25,11
22 106,33	87,71%	56,51	47,35	2 675,53	25,07
22 136,33	87,77%	56,51	47,31	2 673,18	25,03
22 166,33	87,83%	56,51	47,26	2 670,84	24,98
22 196,33	87,89%	56,51	47,22	2 668,50	24,94
22 226,33	87,95%	56,51	47,18	2 666,16	24,90
22 256,33	88,01%	56,51	47,14	2 663,83	24,86
22 286,33	88,07%	56,51	47,10	2 661,50	24,82
22 316,33	88,12%	56,51	47,06	2 659,17	24,78
22 346,33	88,18%	56,51	47,02	2 656,85	24,74
22 376,33	88,24%	56,51	46,97	2 654,53	24,70
22 406,33	88,30%	56,51	46,93	2 652,22	24,66
22 436,33	88,36%	56,51	46,89	2 649,91	24,62
22 466,33	88,42%	56,51	46,85	2 647,60	24,58
22 496,33	88,47%	56,51	46,81	2 645,30	24,54
22 526,33	88,53%	56,51	46,77	2 642,99	24,50
22 556,33	88,59%	56,51	46,73	2 640,70	24,47
22 586,33	88,65%	56,51	46,69	2 638,41	24,43
22 616,33	88,70%	56,51	46,65	2 636,12	24,39
22 646,33	88,76%	56,51	46,61	2 633,83	24,35
22 676,33	88,82%	56,51	46,56	2 631,55	24,31
22 706,33	88,88%	56,51	46,52	2 629,27	24,27
22 736,33	88,93%	56,51	46,48	2 626,99	24,23
22 766,33	88,99%	56,51	46,44	2 624,72	24,19
22 796,33	89,05%	56,51	46,40	2 622,45	24,15
22 826,33	89,10%	56,52	46,36	2 620,19	24,11
22 856,33	89,16%	56,52	46,32	2 617,93	24,07
22 886,33	89,22%	56,52	46,28	2 615,67	24,03
22 916,33	89,27%	56,52	46,24	2 613,42	23,99
22 946,33	89,33%	56,52	46,20	2 611,17	23,96
22 976,33	89,39%	56,52	46,16	2 608,92	23,92
23 006,33	89,44%	56,52	46,12	2 606,68	23,88
23 036,33	89,50%	56,52	46,08	2 604,44	23,84
23 066,33	89,55%	56,52	46,04	2 602,20	23,80
23 096,33	89,61%	56,52	46,00	2 599,97	23,76
23 126,33	89,67%	56,52	45,96	2 597,74	23,72
23 156,33	89,72%	56,52	45,92	2 595,52	23,69
23 186,33	89,78%	56,52	45,88	2 593,29	23,65
23 216,33	89,83%	56,52	45,84	2 591,07	23,61
23 246,33	89,89%	56,52	45,81	2 588,86	23,57
23 276,33	89,94%	56,52	45,77	2 586,65	23,53
23 306,33	90,00%	56,52	45,73	2 584,44	23,49
23 336,33	90,06%	56,52	45,69	2 582,24	23,46
23 366,33	90,11%	56,52	45,65	2 580,03	23,42

22 643,75	27%	46,27	45,13	2 088,50
22 678,75	27%	46,27	45,13	2 088,28
22 713,75	26%	46,26	45,14	2 088,07
22 748,75	26%	46,26	45,14	2 087,85
22 783,75	26%	46,25	45,14	2 087,63
22 818,75	26%	46,25	45,14	2 087,42
22 853,75	26%	46,24	45,14	2 087,20
22 888,75	26%	46,24	45,14	2 086,98
22 923,75	26%	46,23	45,14	2 086,77
22 958,75	26%	46,22	45,14	2 086,55
22 993,75	26%	46,22	45,14	2 086,33
23 028,75	26%	46,21	45,14	2 086,12
23 063,75	25%	46,21	45,14	2 085,90
23 098,75	25%	46,20	45,14	2 085,68
23 133,75	25%	46,20	45,14	2 085,47
23 168,75	25%	46,19	45,14	2 085,25
23 203,75	25%	46,19	45,14	2 085,03
23 238,75	25%	46,18	45,14	2 084,81
23 273,75	25%	46,18	45,14	2 084,60
23 308,75	25%	46,17	45,14	2 084,38
23 343,75	25%	46,17	45,15	2 084,16
23 378,75	24%	46,16	45,15	2 083,94
23 413,75	24%	46,15	45,15	2 083,72
23 448,75	24%	46,15	45,15	2 083,51
23 483,75	24%	46,14	45,15	2 083,29
23 518,75	24%	46,14	45,15	2 083,07
23 553,75	24%	46,13	45,15	2 082,85
23 588,75	24%	46,13	45,15	2 082,63
23 623,75	24%	46,12	45,15	2 082,41
23 658,75	24%	46,12	45,15	2 082,20
23 693,75	24%	46,11	45,15	2 081,98
23 728,75	23%	46,11	45,15	2 081,76
23 763,75	23%	46,10	45,15	2 081,54
23 798,75	23%	46,10	45,15	2 081,32
23 833,75	23%	46,09	45,15	2 081,10
23 868,75	23%	46,08	45,15	2 080,88
23 903,75	23%	46,08	45,15	2 080,66
23 938,75	23%	46,07	45,15	2 080,44
23 973,75	23%	46,07	45,16	2 080,22
24 008,75	23%	46,06	45,16	2 080,00
24 043,75	23%	46,06	45,16	2 079,79
24 078,75	22%	46,05	45,16	2 079,57
24 113,75	22%	46,05	45,16	2 079,35
24 148,75	22%	46,04	45,16	2 079,13
24 183,75	22%	46,04	45,16	2 078,91
24 218,75	22%	46,03	45,16	2 078,69
24 253,75	22%	46,02	45,16	2 078,47
24 288,75	22%	46,02	45,16	2 078,25
24 323,75	22%	46,01	45,16	2 078,03
24 358,75	22%	46,01	45,16	2 077,81
24 393,75	22%	46,00	45,16	2 077,59
24 428,75	21%	46,00	45,16	2 077,37
24 463,75	21%	45,99	45,16	2 077,14
24 498,75	21%	45,99	45,16	2 076,92
24 533,75	21%	45,98	45,16	2 076,70
24 568,75	21%	45,98	45,16	2 076,48
24 603,75	21%	45,97	45,17	2 076,26

23 396,33	90,17%	56,52	45,61	2 577,84	23,38
23 426,33	90,22%	56,52	45,57	2 575,64	23,34
23 456,33	90,28%	56,52	45,53	2 573,45	23,30
23 486,33	90,33%	56,52	45,49	2 571,26	23,27
23 516,33	90,39%	56,52	45,45	2 569,08	23,23
23 546,33	90,44%	56,52	45,41	2 566,90	23,19
23 576,33	90,49%	56,52	45,38	2 564,72	23,15
23 606,33	90,55%	56,52	45,34	2 562,55	23,12
23 636,33	90,60%	56,52	45,30	2 560,38	23,08
23 666,33	90,66%	56,52	45,26	2 558,21	23,04
23 696,33	90,71%	56,52	45,22	2 556,05	23,00
23 726,33	90,77%	56,52	45,18	2 553,89	22,97
23 756,33	90,82%	56,52	45,14	2 551,73	22,93
23 786,33	90,87%	56,52	45,11	2 549,58	22,89
23 816,33	90,93%	56,52	45,07	2 547,43	22,86
23 846,33	90,98%	56,52	45,03	2 545,28	22,82
23 876,33	91,04%	56,52	44,99	2 543,14	22,78
23 906,33	91,09%	56,53	44,95	2 541,00	22,75
23 936,33	91,14%	56,53	44,92	2 538,86	22,71
23 966,33	91,20%	56,53	44,88	2 536,73	22,67
23 996,33	91,25%	56,53	44,84	2 534,60	22,63
24 026,33	91,30%	56,53	44,80	2 532,47	22,60
24 056,33	91,36%	56,53	44,76	2 530,35	22,56
24 086,33	91,41%	56,53	44,73	2 528,23	22,52
24 116,33	91,46%	56,53	44,69	2 526,12	22,49
24 146,33	91,51%	56,53	44,65	2 524,00	22,45
24 176,33	91,57%	56,53	44,61	2 521,89	22,42
24 206,33	91,62%	56,53	44,58	2 519,79	22,38
24 236,33	91,67%	56,53	44,54	2 517,68	22,34
24 266,33	91,73%	56,53	44,50	2 515,58	22,31
24 296,33	91,78%	56,53	44,46	2 513,49	22,27
24 326,33	91,83%	56,53	44,43	2 511,40	22,23
24 356,33	91,88%	56,53	44,39	2 509,31	22,20
24 386,33	91,94%	56,53	44,35	2 507,22	22,16
24 416,33	91,99%	56,53	44,32	2 505,14	22,13
24 446,33	92,04%	56,53	44,28	2 503,06	22,09
24 476,33	92,09%	56,53	44,24	2 500,98	22,05
24 506,33	92,14%	56,53	44,20	2 498,91	22,02
24 536,33	92,20%	56,53	44,17	2 496,84	21,98
24 566,33	92,25%	56,53	44,13	2 494,77	21,95
24 596,33	92,30%	56,53	44,09	2 492,71	21,91
24 626,33	92,35%	56,53	44,06	2 490,65	21,88
24 656,33	92,40%	56,53	44,02	2 488,59	21,84
24 686,33	92,45%	56,53	43,98	2 486,54	21,81
24 716,33	92,50%	56,53	43,95	2 484,49	21,77
24 746,33	92,56%	56,53	43,91	2 482,44	21,74
24 776,33	92,61%	56,53	43,88	2 480,39	21,70
24 806,33	92,66%	56,53	43,84	2 478,35	21,66
24 836,33	92,71%	56,53	43,80	2 476,32	21,63
24 866,33	92,76%	56,53	43,77	2 474,28	21,59
24 896,33	92,81%	56,53	43,73	2 472,25	21,56
24 926,33	92,86%	56,53	43,69	2 470,22	21,52
24 956,33	92,91%	56,53	43,66	2 468,20	21,49
24 986,33	92,96%	56,53	43,62	2 466,18	21,45
25 016,33	93,01%	56,53	43,59	2 464,16	21,42
25 046,33	93,06%	56,54	43,55	2 462,14	21,39
25 076,33	93,11%	56,54	43,51	2 460,13	21,35

24 638,75	21%	45,97	45,17	2 076,04
24 673,75	21%	45,96	45,17	2 075,82
24 708,75	21%	45,95	45,17	2 075,60
24 743,75	21%	45,95	45,17	2 075,38
24 778,75	20%	45,94	45,17	2 075,16
24 813,75	20%	45,94	45,17	2 074,94
24 848,75	20%	45,93	45,17	2 074,71
24 883,75	20%	45,93	45,17	2 074,49
24 918,75	20%	45,92	45,17	2 074,27
24 953,75	20%	45,92	45,17	2 074,05
24 988,75	20%	45,91	45,17	2 073,83
25 023,75	20%	45,91	45,17	2 073,61
25 058,75	20%	45,90	45,17	2 073,38
25 093,75	20%	45,89	45,17	2 073,16
25 128,75	19%	45,89	45,17	2 072,94
25 163,75	19%	45,88	45,17	2 072,72
25 198,75	19%	45,88	45,17	2 072,50
25 233,75	19%	45,87	45,17	2 072,27
25 268,75	19%	45,87	45,18	2 072,05
25 303,75	19%	45,86	45,18	2 071,83
25 338,75	19%	45,86	45,18	2 071,61
25 373,75	19%	45,85	45,18	2 071,38
25 408,75	19%	45,84	45,18	2 071,16
25 443,75	19%	45,84	45,18	2 070,94
25 478,75	18%	45,83	45,18	2 070,71
25 513,75	18%	45,83	45,18	2 070,49
25 548,75	18%	45,82	45,18	2 070,27
25 583,75	18%	45,82	45,18	2 070,05
25 618,75	18%	45,81	45,18	2 069,82
25 653,75	18%	45,81	45,18	2 069,60
25 688,75	18%	45,80	45,18	2 069,38
25 723,75	18%	45,80	45,18	2 069,15
25 758,75	18%	45,79	45,18	2 068,93
25 793,75	18%	45,78	45,18	2 068,70
25 828,75	17%	45,78	45,18	2 068,48
25 863,75	17%	45,77	45,18	2 068,26
25 898,75	17%	45,77	45,19	2 068,03
25 933,75	17%	45,76	45,19	2 067,81
25 968,75	17%	45,76	45,19	2 067,59
26 003,75	17%	45,75	45,19	2 067,36
26 038,75	17%	45,75	45,19	2 067,14
26 073,75	17%	45,74	45,19	2 066,91
26 108,75	17%	45,73	45,19	2 066,69
26 143,75	17%	45,73	45,19	2 066,46
26 178,75	16%	45,72	45,19	2 066,24
26 213,75	16%	45,72	45,19	2 066,01
26 248,75	16%	45,71	45,19	2 065,79
26 283,75	16%	45,71	45,19	2 065,57
26 318,75	16%	45,70	45,19	2 065,34
26 353,75	16%	45,70	45,19	2 065,12
26 388,75	16%	45,69	45,19	2 064,89
26 423,75	16%	45,69	45,19	2 064,67
26 458,75	16%	45,68	45,19	2 064,44
26 493,75	16%	45,67	45,19	2 064,22
26 528,75	15%	45,67	45,20	2 063,99
26 563,75	15%	45,66	45,20	2 063,76
26 598,75	15%	45,66	45,20	2 063,54



25 106,33	93,16%	56,54	43,48	2 458,12	21,32
25 136,33	93,21%	56,54	43,44	2 456,12	21,28
25 166,33	93,26%	56,54	43,41	2 454,12	21,25
25 193,80	93,31%	56,54	43,38	2 452,28	21,22

26 633,75	15%	45,65	45,20	2 063,31
26 668,75	15%	45,65	45,20	2 063,09
26 703,75	15%	45,64	45,20	2 062,86
26 738,75	15%	45,64	45,20	2 062,64
26 773,75	15%	45,63	45,20	2 062,41
26 808,75	15%	45,62	45,20	2 062,18
26 843,75	15%	45,62	45,20	2 061,96
26 878,75	14%	45,61	45,20	2 061,73
26 913,75	14%	45,61	45,20	2 061,51
26 948,75	14%	45,60	45,20	2 061,28
26 983,75	14%	45,60	45,20	2 061,05
27 018,75	14%	45,59	45,20	2 060,83
27 053,75	14%	45,59	45,20	2 060,60
27 088,75	14%	45,58	45,20	2 060,37
27 123,75	14%	45,57	45,20	2 060,15
27 158,75	14%	45,57	45,20	2 059,92
27 193,75	14%	45,56	45,21	2 059,69
27 228,75	13%	45,56	45,21	2 059,47
27 263,75	13%	45,55	45,21	2 059,24
27 298,75	13%	45,55	45,21	2 059,01
27 333,75	13%	45,54	45,21	2 058,79
27 368,75	13%	45,54	45,21	2 058,56
27 403,75	13%	45,53	45,21	2 058,33
27 438,75	13%	45,52	45,21	2 058,10
27 473,75	13%	45,52	45,21	2 057,88
27 508,75	13%	45,51	45,21	2 057,65
27 543,75	13%	45,51	45,21	2 057,42
27 578,75	12%	45,50	45,21	2 057,19
27 613,75	12%	45,50	45,21	2 056,97
27 648,75	12%	45,49	45,21	2 056,74
27 683,75	12%	45,48	45,21	2 056,51
27 718,75	12%	45,48	45,21	2 056,28
27 753,75	12%	45,47	45,21	2 056,05
27 754,26	12%	45,47	45,21	2 056,05
27 754,26	12%	45,47	45,21	2 056,05
27 754,26	12%	45,47	45,22	2 056,21
27 754,26	12%	45,47	45,22	2 056,23
27 754,26	12%	45,47	45,22	2 056,24
27 754,26	12%	45,47	45,22	2 056,25
27 754,26	12%	45,47	45,22	2 056,26
27 754,26	12%	45,47	45,22	2 056,28
27 754,26	12%	45,47	45,22	2 056,29
27 754,26	12%	45,47	45,22	2 056,32
27 754,26	12%	45,47	45,22	2 056,36
27 754,26	12%	45,47	45,22	2 056,41
27 754,26	12%	45,47	45,22	2 056,46
27 754,26	12%	45,47	45,22	2 056,52
27 754,26	12%	45,47	45,23	2 056,64
27 754,26	12%	45,47	45,23	2 056,78
27 754,26	12%	45,47	45,23	2 056,93
27 754,26	12%	45,47	45,24	2 057,10
27 754,26	12%	45,47	45,24	2 057,27
27 754,27	12%	45,47	45,25	2 057,65
27 754,27	12%	45,47	45,26	2 058,01
27 754,27	12%	45,47	45,27	2 058,45
27 754,27	12%	45,47	45,28	2 058,91
27 754,27	12%	45,47	45,29	2 059,58

27 754,27	12%	45,47	45,31	2 060,28
27 754,28	12%	45,47	45,32	2 061,01
27 754,28	12%	45,47	45,34	2 061,75
27 754,28	12%	45,47	45,36	2 062,50
27 754,28	12%	45,47	45,37	2 063,26
27 754,28	12%	45,47	45,39	2 064,02
27 754,29	12%	45,47	45,41	2 064,79
27 754,29	12%	45,47	45,42	2 065,56
27 754,29	12%	45,47	45,44	2 066,32
27 754,29	12%	45,47	45,46	2 067,09
27 754,30	12%	45,47	45,47	2 067,85
27 754,30	12%	45,47	45,49	2 068,60
27 754,30	12%	45,47	45,51	2 069,35
27 754,30	12%	45,47	45,52	2 070,10
27 754,31	12%	45,47	45,56	2 071,58
27 754,31	12%	45,47	45,58	2 072,85
27 754,31	12%	45,47	45,61	2 074,11
27 754,32	12%	45,47	45,64	2 075,34
27 754,32	12%	45,47	45,67	2 076,56
27 754,32	12%	45,47	45,69	2 077,75
27 754,33	12%	45,47	45,73	2 079,45
27 754,34	12%	45,47	45,77	2 081,11
27 754,34	12%	45,47	45,80	2 082,73
27 754,35	12%	45,47	45,84	2 084,31
27 754,35	12%	45,47	45,87	2 085,85
27 754,36	12%	45,47	45,90	2 087,36
27 754,36	12%	45,47	45,93	2 088,82
27 754,37	12%	45,47	46,00	2 091,65
27 754,38	12%	45,47	46,06	2 094,34
27 754,39	12%	45,47	46,10	2 096,16
27 754,39	12%	45,47	46,10	2 096,16
27 754,39	12%	45,47	46,10	2 096,31
27 754,39	12%	45,47	46,10	2 096,43
27 754,39	12%	45,47	46,10	2 096,54
27 754,39	12%	45,47	46,11	2 096,65
27 754,39	12%	45,47	46,11	2 096,87
27 754,40	12%	45,47	46,12	2 097,09
27 754,40	12%	45,47	46,12	2 097,31
27 754,40	12%	45,47	46,13	2 097,74
27 754,40	12%	45,47	46,15	2 098,61
27 754,41	12%	45,47	46,17	2 099,45
27 754,41	12%	45,47	46,19	2 100,28
27 754,41	12%	45,47	46,20	2 101,10
27 754,42	12%	45,47	46,24	2 102,69
27 754,43	12%	45,47	46,27	2 104,23
27 754,44	12%	45,47	46,31	2 105,71
27 754,45	12%	45,47	46,35	2 107,66
27 754,46	12%	45,47	46,39	2 109,51
27 754,47	12%	45,47	46,43	2 111,28
27 754,48	12%	45,47	46,47	2 112,97
27 754,49	12%	45,47	46,50	2 114,57
27 754,50	12%	45,47	46,53	2 116,11
27 754,52	12%	45,47	46,60	2 118,96
27 754,54	12%	45,47	46,65	2 121,26
27 754,56	12%	45,47	46,69	2 123,38
27 754,57	12%	45,47	46,74	2 125,33
27 754,59	12%	45,47	46,78	2 127,11

27 754,61	12%	45,47	46,81	2 128,76
27 754,63	12%	45,47	46,85	2 130,27
27 754,67	12%	45,47	46,91	2 132,93
27 754,71	12%	45,47	46,96	2 135,53
27 754,75	12%	45,47	47,01	2 137,67
27 754,80	12%	45,47	47,05	2 139,42
27 754,84	12%	45,47	47,08	2 140,85
27 754,88	12%	45,47	47,11	2 142,03
27 754,93	12%	45,47	47,13	2 143,00
27 754,97	12%	45,47	47,14	2 143,80
27 755,01	12%	45,47	47,16	2 144,45
27 755,05	12%	45,47	47,17	2 144,98
27 755,10	12%	45,47	47,18	2 145,42
27 755,14	12%	45,47	47,19	2 145,78
27 755,18	12%	45,47	47,19	2 146,08
27 755,23	12%	45,47	47,20	2 146,32
27 755,27	12%	45,47	47,20	2 146,52
27 755,31	12%	45,47	47,21	2 146,69
27 755,36	12%	45,47	47,21	2 146,82
27 755,40	12%	45,47	47,21	2 146,93
27 755,44	12%	45,47	47,21	2 147,02
27 755,49	12%	45,47	47,22	2 147,10
27 755,53	12%	45,47	47,22	2 147,16
27 755,57	12%	45,47	47,22	2 147,21
27 755,61	12%	45,47	47,22	2 147,25
27 755,70	12%	45,47	47,22	2 147,31
27 755,79	12%	45,47	47,22	2 147,35
27 755,87	12%	45,47	47,22	2 147,38
27 755,96	12%	45,47	47,22	2 147,39
27 756,05	12%	45,47	47,22	2 147,41
27 756,13	12%	45,47	47,22	2 147,42
27 756,22	12%	45,47	47,22	2 147,42
27 756,30	12%	45,47	47,22	2 147,42
27 756,39	12%	45,47	47,22	2 147,43
27 756,48	12%	45,47	47,22	2 147,43
27 756,56	12%	45,47	47,22	2 147,43
27 756,73	12%	45,47	47,22	2 147,43
27 756,89	12%	45,47	47,22	2 147,43
27 757,04	12%	45,47	47,22	2 147,43
27 757,20	12%	45,47	47,22	2 147,43
27 757,35	12%	45,47	47,22	2 147,42
27 757,66	12%	45,47	47,22	2 147,42
27 758,29	12%	45,47	47,22	2 147,42
27 758,91	12%	45,47	47,22	2 147,41
27 760,15	12%	45,47	47,22	2 147,41
27 762,63	12%	45,47	47,22	2 147,39
27 767,59	12%	45,47	47,22	2 147,35
27 777,51	12%	45,47	47,22	2 147,29
27 797,36	12%	45,47	47,23	2 147,15
27 832,36	12%	45,46	47,23	2 146,91
27 867,36	12%	45,45	47,23	2 146,67
27 902,36	11%	45,45	47,23	2 146,43
27 937,36	11%	45,44	47,23	2 146,18
27 972,36	11%	45,44	47,23	2 145,94
28 007,36	11%	45,43	47,23	2 145,70
28 042,36	11%	45,43	47,23	2 145,46
28 077,36	11%	45,42	47,23	2 145,22

28 112,36	11%	45,41	47,23	2 144,98
28 147,36	11%	45,41	47,23	2 144,73
28 182,36	11%	45,40	47,23	2 144,49
28 217,36	11%	45,40	47,23	2 144,25
28 252,36	10%	45,39	47,24	2 144,01
28 287,36	10%	45,38	47,24	2 143,76
28 322,36	10%	45,38	47,24	2 143,52
28 357,36	10%	45,37	47,24	2 143,28
28 392,36	10%	45,37	47,24	2 143,04
28 427,36	10%	45,36	47,24	2 142,79
28 462,36	10%	45,35	47,24	2 142,55
28 497,36	10%	45,35	47,24	2 142,31
28 532,36	10%	45,34	47,24	2 142,07
28 567,36	9%	45,34	47,24	2 141,82
28 602,36	9%	45,33	47,24	2 141,58
28 637,36	9%	45,33	47,24	2 141,34
28 672,36	9%	45,32	47,24	2 141,09
28 707,36	9%	45,31	47,25	2 140,85
28 742,36	9%	45,31	47,25	2 140,61
28 777,36	9%	45,30	47,25	2 140,36
28 812,36	9%	45,30	47,25	2 140,12
28 847,36	9%	45,29	47,25	2 139,87
28 882,36	9%	45,28	47,25	2 139,63
28 917,36	8%	45,28	47,25	2 139,39
28 952,36	8%	45,27	47,25	2 139,14
28 987,36	8%	45,27	47,25	2 138,90
29 022,36	8%	45,26	47,25	2 138,65
29 057,36	8%	45,25	47,25	2 138,41
29 092,36	8%	45,25	47,25	2 138,17
29 127,36	8%	45,24	47,25	2 137,92
29 162,36	8%	45,24	47,26	2 137,68
29 197,36	8%	45,23	47,26	2 137,43
29 232,36	8%	45,23	47,26	2 137,19
29 267,36	7%	45,22	47,26	2 136,94
29 302,36	7%	45,21	47,26	2 136,70
29 337,36	7%	45,21	47,26	2 136,45
29 372,36	7%	45,20	47,26	2 136,21
29 407,36	7%	45,20	47,26	2 135,96
29 442,36	7%	45,19	47,26	2 135,72
29 477,36	7%	45,18	47,26	2 135,47
29 512,36	7%	45,18	47,26	2 135,22
29 547,36	7%	45,17	47,26	2 134,98
29 582,36	6%	45,17	47,26	2 134,73
29 617,36	6%	45,16	47,27	2 134,49
29 652,36	6%	45,15	47,27	2 134,24
29 687,36	6%	45,15	47,27	2 134,00
29 722,36	6%	45,14	47,27	2 133,75
29 757,36	6%	45,14	47,27	2 133,50
29 792,36	6%	45,13	47,27	2 133,26
29 827,36	6%	45,12	47,27	2 133,01
29 862,36	6%	45,12	47,27	2 132,76
29 897,36	6%	45,11	47,27	2 132,52
29 932,36	5%	45,11	47,27	2 132,27
29 967,36	5%	45,10	47,27	2 132,02
30 002,36	5%	45,09	47,27	2 131,78
30 037,36	5%	45,09	47,27	2 131,53
30 056,17	5%	45,09	47,27	2 131,40

## PŘÍLOHA D – ZDROJOVÝ KÓD MODELU PRO VYBÍJENÍ

### block Calculator

```

annotation(Diagram(coordinateSystem(extent={{-148.5,-105.0},{148.5,105.0}},
preserveAspectRatio=true, initialScale=0.1, grid={10,10})), Icon(coordinateSystem(extent={{-100.0,-100.0},{100.0,100.0}}, preserveAspectRatio=true, initialScale=0.1, grid={10,10})),
graphics={Text(visible=true, origin={-57.4646,70.0}, fillPattern=FillPattern.Solid, extent={{-22.5354,-23.8561},{22.5354,23.8561}}, textString="Ivyb",
fontName="Arial"),Text(visible=true, origin={36.616,85.7476}, fillPattern=FillPattern.Solid,
extent={{-19.4929,-11.5143},{19.4929,11.5143}}, textString="U",
fontName="Arial"),Text(visible=true, origin={44.5182,5.7929}, fillPattern=FillPattern.Solid,
extent={{-20.2849,-11.9821},{20.2849,11.9821}}, textString="R1",
fontName="Arial"),Text(visible=true, origin={45.2711,34.3689}, fillPattern=FillPattern.Solid,
extent={{-19.4914,-11.5134},{19.4914,11.5134}}, textString="R2",
fontName="Arial"),Text(visible=true, origin={50.0,-21.6958}, fillPattern=FillPattern.Solid,
extent={{-24.6561,-14.5642},{24.6561,14.5642}}, textString="Torq",
fontName="Arial"),Text(visible=true, origin={-74.4929,-70.0}, fillPattern=FillPattern.Solid,
extent={{-15.5071,-16.4159},{15.5071,16.4159}}, textString="t",
fontName="Arial"),Text(visible=true, origin={54.6561,-51.5761}, fillPattern=FillPattern.Solid,
extent={{-24.6561,-14.5642},{24.6561,14.5642}}, textString="Inab",
fontName="Arial"),Rectangle(visible=true, origin={0.0,1.3404}, fillColor={255,255,255},
extent={{-90.0,-101.3404},{90.0,101.3404}}),Text(visible=true, origin={45.3336,58.4866},
fillPattern=FillPattern.Solid, extent={{-19.4914,-11.5134},{19.4914,11.5134}}, textString="R3",
fontName="Arial")));
parameter Real k=72000000;
parameter Real Imax=140;
parameter Real Inab=-100;
parameter Real Torq=-2;
parameter Real tstart=10;
Modelica.Blocks.Interfaces.RealInput I annotation(Placement(visible=true,
transformation(origin={-143.9928,48.0497}, extent={{-10.0,-10.0},{10.0,10.0}}, rotation=0),
iconTransformation(origin={-100.0,70.0}, extent={{-10.0,-10.0},{10.0,10.0}}, rotation=0)));
Modelica.Blocks.Continuous.Integrator integrator1 annotation(Placement(visible=true,
transformation(origin={-75.3394,47.8014}, extent={{-10.0,-10.0},{10.0,10.0}}, rotation=0)));
Modelica.Blocks.Interfaces.RealOutput U annotation(Placement(visible=true,
transformation(origin={140.0,90.0}, extent={{-10.0,-10.0},{10.0,10.0}}, rotation=0),
iconTransformation(origin={100.0,87.1987}, extent={{-10.0,-10.0},{10.0,10.0}}, rotation=0)));
Modelica.Blocks.Interfaces.RealInput t annotation(Placement(visible=true,
transformation(origin={-140.0,-70.0}, extent={{-10.0,-10.0},{10.0,10.0}}, rotation=0),
iconTransformation(origin={-100.0,-70.0}, extent={{-10.0,-10.0},{10.0,10.0}}, rotation=0)));
Modelica.Blocks.Interfaces.RealOutput torq annotation(Placement(visible=true,
transformation(origin={140.0,0.0}, extent={{-10.0,-10.0},{10.0,10.0}}, rotation=0),
iconTransformation(origin={100.0,-21.8533}, extent={{-10.0,-10.0},{10.0,10.0}}, rotation=0)));
Modelica.Blocks.Interfaces.RealOutput R1 annotation(Placement(visible=true,
transformation(origin={140.0,22.7841}, extent={{-10.0,-10.0},{10.0,10.0}}, rotation=0),
iconTransformation(origin={100.0,7.9375}, extent={{-10.0,-10.0},{10.0,10.0}}, rotation=0)));
Modelica.Blocks.Interfaces.RealOutput R2 annotation(Placement(visible=true,
transformation(origin={140.0,45.1673}, extent={{-10.0,-10.0},{10.0,10.0}}, rotation=0),
iconTransformation(origin={100.0,35.8208}, extent={{-10.0,-10.0},{10.0,10.0}}, rotation=0)));

```

```

Modelica.Blocks.Sources.RealExpression realExpression1(y=77598743.74)
annotation(Placement(visible=true, transformation(origin={-44.9083,7.3862}, extent={{-10.0,-
10.0},{10.0,10.0}}, rotation=0)));
Modelica.Blocks.Math.Division division1 annotation(Placement(visible=true,
transformation(origin={-7.1437,34.7046}, extent={{-10.0,-10.0},{10.0,10.0}}, rotation=0)));
Modelica.Blocks.Interfaces.RealOutput y annotation(Placement(visible=true,
transformation(origin={140.0,-25.4}, extent={{-10.0,-10.0},{10.0,10.0}}, rotation=0),
iconTransformation(origin={100.0,-51.7775}, extent={{-10.0,-10.0},{10.0,10.0}}, rotation=0)));
Modelica.Blocks.Math.Add SOC(k1=-1) annotation(Placement(visible=true,
transformation(origin={51.9906,28.3545}, extent={{-10.0,-10.0},{10.0,10.0}}, rotation=0)));
Modelica.Blocks.Sources.RealExpression realExpression2(y=0.9486)
annotation(Placement(visible=true, transformation(origin={15.6505,8.0978}, extent={{-10.0,-
10.0},{10.0,10.0}}, rotation=0)));
Modelica.Blocks.Sources.RealExpression realExpression3(y=if SOC.y < 0.0507 then 0 else -40)
annotation(Placement(visible=true, transformation(origin={-2.0044,-60.0}, extent={{-10.0,-
10.0},{10.0,10.0}}, rotation=0)));
Modelica.Blocks.Sources.RealExpression realExpression5(y=if SOC.y > 0.0507 then (-
1.1132*SOC.y^2) + 5.8633*SOC.y + 44.791 else 0) annotation(Placement(visible=true,
transformation(origin={40.0,90.0}, extent={{-10.0,-10.0},{10.0,10.0}}, rotation=0)));
Modelica.Blocks.Interfaces.RealOutput R3 annotation(Placement(visible=true,
transformation(origin={140.0,65.3441}, extent={{-10.0,-10.0},{10.0,10.0}}, rotation=0),
iconTransformation(origin={100.0,61.5875}, extent={{-10.0,-10.0},{10.0,10.0}}, rotation=0)));
equation
connect(realExpression5.y,U) annotation(Line(visible=true, origin={95.5,90.0}, points={{-
44.5,0.0},{44.5,0.0}}));
connect(realExpression3.y,y) annotation(Line(visible=true, origin={100.7489,-42.7}, points={{-
91.7533,-17.3},{26.2511,-17.3},{26.2511,17.3},{39.2511,17.3}}));
connect(realExpression2.y,SOC.u2) annotation(Line(visible=true, origin={34.1543,15.2262},
points={{-7.5039,-7.1283},{0.8338,-7.1283},{0.8338,7.1283},{5.8363,7.1283}}));
connect(I,integrator1.u) annotation(Line(visible=true, origin={-104.004,47.9255}, points={{-
39.9888,0.1242},{11.6621,0.1242},{11.6621,-0.1242},{16.6646,-0.1242}}));
connect(integrator1.y,division1.u1) annotation(Line(visible=true, origin={-32.9439,44.253},
points={{-31.3955,3.5484},{8.7977,3.5484},{8.7977,-3.5484},{13.8002,-3.5484}}));
connect(division1.u2,realExpression1.y) annotation(Line(visible=true, origin={-
28.2165,18.0454}, points={{9.0728,10.6592},{-1.6905,10.6592},{-1.6905,-10.6592},{-5.6918,-
10.6592}}));
connect(division1.y,SOC.u1) annotation(Line(visible=true, origin={19.5497,34.3973},
points={{-15.6934,0.3073},{-6.8497,0.175},{-6.8497,0.175},{20.441,-0.0427}}));
torq=if SOC.y < 0.0507 then 0 else if SOC.y < 0.1191 or SOC.y > 0.8118 then ((-
0.1724*SOC.y*2) + 4.591)/4.591 else ((-0.107*SOC.y*2) + 4.521)/4.521*(1 - (1 -
realExpression3.y/100)/2.45);
R1=11 + 2.989*SOC.y;
R2=if t < 300 then 0.0405 + t*1.5e-05 else 0.045;
R3=if t < 300 then 0.03 + t*1.5e-05 else 0.0345;
end Calculator;

```

model objects

```

annotation(Diagram(coordinateSystem(extent={{-148.5,-105.0},{148.5,105.0}},
preserveAspectRatio=true, initialScale=0.1, grid={10,10})));
Modelica.Electrical.Machines.BasicMachines.DCMachines.DC_PermanentMagnet
DCPM(VaNominal=50, IaNominal=10, J_Rotor=0.01, La=0.0015, Ra=0.002,
rpmNominal=1425) annotation(Placement(visible=true, transformation(origin={22.9994,60.0},
extent={{-10.0,-10.0},{10.0,10.0}}, rotation=-810)));
Modelica.Electrical.Machines.BasicMachines.DCMachines.DC_PermanentMagnet
DCPM1(IaNominal=10, VaNominal=50, J_Rotor=0.01, La=0.0015, Ra=0.002,
rpmNominal=1425) annotation(Placement(visible=true, transformation(origin={-12.6589,60.0},
extent={{-10.0,-10.0},{10.0,10.0}}, rotation=-810)));
Modelica.Electrical.Analog.Basic.Ground ground2 annotation(Placement(visible=true,
transformation(origin={-140.0,-10.0}, extent={{-10.0,-10.0},{10.0,10.0}}, rotation=-1890)));
Modelica.Electrical.Analog.Sources.SignalVoltage signalVoltage1
annotation(Placement(visible=true, transformation(origin={-125.875,-32.6458}, extent={{-10.0,-
10.0},{10.0,10.0}}, rotation=-270)));
Modelica.Mechanics.Rotational.Inertia inertia1(J=0.15) annotation(Placement(visible=true,
transformation(origin={22.9994,33.175}, extent={{-10.0,-10.0},{10.0,10.0}}, rotation=-270)));
Modelica.Mechanics.Rotational.Inertia inertia2(J=0.15) annotation(Placement(visible=true,
transformation(origin={-12.6589,34.2333}, extent={{-10.0,-10.0},{10.0,10.0}}, rotation=-
270)));
Modelica.Electrical.Analog.Interfaces.PositivePin pin_p annotation(Placement(visible=true,
transformation(origin={70.0,-100.0}, extent={{-10.0,-10.0},{10.0,10.0}}, rotation=0),
iconTransformation(origin={-56.3019,-80.131}, extent={{-10.0,-10.0},{10.0,10.0}},
rotation=0)));
Modelica.Electrical.Analog.Interfaces.NegativePin pin_n annotation(Placement(visible=true,
transformation(origin={70.0,100.0}, extent={{-10.0,-10.0},{10.0,10.0}}, rotation=0),
iconTransformation(origin={-58.0836,-30.7421}, extent={{-10.0,-10.0},{10.0,10.0}},
rotation=0)));
Modelica.Electrical.Analog.Basic.Capacitor capacitor1(C=5e-09)
annotation(Placement(visible=true, transformation(origin={-90.0,-32.1167}, extent={{-10.0,-
10.0},{10.0,10.0}}, rotation=-270)));
Modelica.Electrical.Analog.Basic.VariableResistor variableResistor1
annotation(Placement(visible=true, transformation(origin={-125.875,6.8792}, extent={{-10.0,-
10.0},{10.0,10.0}}, rotation=-270)));
Modelica.Electrical.Analog.Basic.VariableResistor variableResistor2
annotation(Placement(visible=true, transformation(origin={-125.875,61.5875}, extent={{-10.0,-
10.0},{10.0,10.0}}, rotation=-270)));
Modelica.Electrical.Analog.Basic.VariableResistor variableResistor3
annotation(Placement(visible=true, transformation(origin={-70.0,60.0}, extent={{-10.0,-
10.0},{10.0,10.0}}, rotation=-270)));
Modelica.Blocks.Sources.Clock clock1 annotation(Placement(visible=true,
transformation(origin={-52.3875,-85.1152}, extent={{-10.0,-10.0},{10.0,10.0}}, rotation=-
270)));
VRB_BATTERY_FINAL_20130421.Calculator calculator1(k=72000000, Torq=1, tstart=10,
Inab=-100) annotation(Placement(visible=true, transformation(origin={-35.8208,-60.0},
extent={{-10.0,-10.0},{10.0,10.0}}, rotation=0)));
Modelica.Mechanics.Rotational.Brake brake2(fn_max=1.2) annotation(Placement(visible=true,
transformation(origin={22.9994,1.5875}, extent={{-10.0,-10.0},{10.0,10.0}}, rotation=-270)));
Modelica.Mechanics.Rotational.Brake brake3(fn_max=1.2) annotation(Placement(visible=true,
transformation(origin={-12.6589,2.6458}, extent={{-10.0,-10.0},{10.0,10.0}}, rotation=-270)));

```

```

Modelica.Electrical.Analog.Sources.SignalCurrent signalCurrent1
annotation(Placement(visible=true, transformation(origin={ 120.0,10.0}, extent={{ -10.0,-
10.0},{ 10.0,10.0}}, rotation=-810)));
Modelica.Electrical.Analog.Sensors.PotentialSensor potentialSensor1
annotation(Placement(visible=true, transformation(origin={ 36.35,-85.575}, extent={{ -10.0,-
10.0},{ 10.0,10.0}}, rotation=-540)));
Modelica.Blocks.Interfaces.RealOutput y annotation(Placement(visible=true,
transformation(origin={ 22.225,-85.725}, extent={{ -10.0,-10.0},{ 10.0,10.0}}, rotation=-1080),
iconTransformation(origin={ 0.0,-79.627}, extent={{ -10.0,-10.0},{ 10.0,10.0}}, rotation=0)));
Modelica.Electrical.Analog.Sensors.PowerSensor powerSensor1
annotation(Placement(visible=true, transformation(origin={ -125.9417,-75.5222}, extent={{ -
10.0,-10.0},{ 10.0,10.0}}, rotation=-810)));
equation
connect(variableResistor3.n,DCPM.pin_an) annotation(Line(visible=true, origin={ -
6.5999,70.0005}, points={{ -63.4001,-0.0005},{ -63.4001,4.0007},{ 43.6005,4.0007},{ 43.6005,-
4.0005},{ 39.5993,-4.0005}}));
connect(variableResistor3.n,DCPM1.pin_an) annotation(Line(visible=true, origin={ -
27.9948,70.0005}, points={{ -42.0052,-0.0005},{ -42.0052,4.0007},{ 29.3372,4.0007},{ 29.3372,-
4.0005},{ 25.3359,-4.0005}}));
connect(DCPM1.pin_ap,variableResistor3.p) annotation(Line(visible=true, origin={ -
27.9948,49.9995}, points={{ 25.3359,4.0005},{ 29.3372,4.0005},{ 29.3372,-4.0008},{ -42.0052,-
4.0007},{ -42.0052,0.0005}}));
connect(DCPM1.pin_ap,variableResistor3.p) annotation(Line(visible=true, origin={ -
6.5999,49.9995}, points={{ 39.5993,4.0005},{ 43.6005,4.0005},{ 43.6005,-4.0008},{ -63.4001,-
4.0007},{ -63.4001,0.0005}}));
connect(variableResistor3.n,pin_n) annotation(Line(visible=true, origin={ -23.3333,90.0},
points={{ -46.6667,-20.0},{ -46.6667,10.0},{ 93.3333,10.0}}));
connect(calculator1.R3,variableResistor2.R) annotation(Line(visible=true, origin={ -74.9583,-
0.5634}, points={{ 49.138,-53.278},{ 60.539,-53.278},{ 60.539,-39.437},{ 14.958,-
39.437},{ 14.958,30.563},{ -69.107,30.563},{ -69.107,62.151},{ -61.917,62.151}},
color={ 255,0,0}, pattern=LinePattern.DashDotDot));
connect(calculator1.torq,brake3.f_normalized) annotation(Line(visible=true, origin={ -15.639,-
35.093}, points={{ -10.1818,-27.0923},{ 8.495,-27.0923},{ 8.495,2.637},{ -15.595,2.637},{ -
15.595,37.739},{ -8.0199,37.7388}}, color={ 128,0,128}, pattern=LinePattern.DashDotDot));
connect(brake2.f_normalized,calculator1.torq) annotation(Line(visible=true, origin={ 9.7645,-
44.3051}, points={{ 2.2349,45.8926},{ -3.957,45.893},{ -3.957,12.202},{ -16.644,12.202},{ -
16.644,-15.6949},{ -16.644,-17.8802},{ -22.8614,-17.8802},{ -35.5853,-17.8802}},
color={ 128,0,128}, pattern=LinePattern.DashDotDot));
connect(calculator1.R1,variableResistor3.R) annotation(Line(visible=true, origin={ -14.3235,-
0.4945}, points={{ -11.4973,-58.7117},{ 1.623,-58.7117},{ 1.623,-37.076},{ -41.768,-37.076},{ -
41.768,33.832},{ -78.81,33.832},{ -78.81,60.495},{ -66.6765,60.4945}}, color={ 255,0,0},
pattern=LinePattern.DashDot));
connect(calculator1.U,signalVoltage1.v) annotation(Line(visible=true, origin={ -40.335,-
43.4931}, points={{ 14.5142,-7.787},{ 23.402,-7.787},{ 23.402,-2.015},{ -99.665,-2.015},{ -
99.665,10.847},{ -92.54,10.8473}}, color={ 0,128,128}, pattern=LinePattern.DashDotDot));
connect(variableResistor1.R,calculator1.R2) annotation(Line(visible=true, origin={ -30.0939,-
24.5819}, points={{ -106.7811,31.4611},{ -113.839,31.461},{ -113.839,54.582},{ -
29.906,54.582},{ -29.906,-15.418},{ 15.63,-15.418},{ 15.63,-15.418},{ 15.63,-32.014},{ 4.2731,-
31.836}}, color={ 255,0,0}, pattern=LinePattern.DashDot));

```



```

connect(calculator1.t,clock1.y) annotation(Line(visible=true, origin={ -50.1986,-69.3717},
points={ {4.3778,2.3717},{-2.1889,2.3717},{-2.1889,-4.7435}}, color={0,0,255},
pattern=LinePattern.Dot));
connect(calculator1.y,signalCurrent1.i) annotation(Line(visible=true, origin={ 110.317,-23.299},
points={ {-136.1378,-41.8787},{-0.317,-41.8787},{29.683,-
41.8787},{29.683,9.011},{29.683,33.299},{16.683,33.299}}, color={0,128,0},
pattern=LinePattern.Dot));
connect(powerSensor1.power,calculator1.I) annotation(Line(visible=true, origin={ -92.5289,-
56.3246}, points={ {-44.4128,-11.1976},{-44.4128,-4.142},{-
44.4128,3.3246},{32.5289,3.3246},{45.4331,3.3246},{46.7081,3.3246}}));
connect(pin_p,signalCurrent1.n) annotation(Line(visible=true, origin={ 107.5,-51.0003},
points={ {-37.5,-48.9997},{12.5,-48.9997},{12.5,46.9991},{12.5,51.0003}}));
connect(pin_n,signalCurrent1.p) annotation(Line(visible=true, origin={ 107.5,61.0003},
points={ {-37.5,38.9997},{12.5,38.9997},{12.5,-36.9991},{12.5,-41.0003}}));
connect(powerSensor1.pc,powerSensor1.pv) annotation(Line(visible=true, origin={ -119.9417,-
62.2046}, points={ {-6.0,-3.3176},{-6.0,-3.3176},{4.0,-3.3176},{4.0,-6.2621},{4.0,-13.3176}}));
connect(powerSensor1.nv,signalVoltage1.n) annotation(Line(visible=true, origin={ -136.1171,-
40.9741}, points={ {0.1754,-34.5481},{-10.3298,-34.5481},{-
10.3298,18.3283},{10.2421,18.3283},{10.2421,18.3283}}));
connect(powerSensor1.nc,pin_p) annotation(Line(visible=true, origin={ -60.6278,-95.1741},
points={ {-65.3139,9.6519},{-65.3139,-4.8259},{130.6278,-4.8259}}));
connect(powerSensor1.nc,variableResistor3.p) annotation(Line(visible=true, origin={ -97.9708,-
57.1167}, points={ {-27.9708,-28.4056},{-27.9708,-42.8833},{27.9708,-
42.8833},{27.9708,107.1167}}));
connect(powerSensor1.nc,capacitor1.p) annotation(Line(visible=true, origin={ -107.9708,-
80.1458}, points={ {-17.9708,-5.3764},{-17.9708,-19.8542},{17.9708,-
19.8542},{17.9708,38.0291}}));
connect(powerSensor1.pc,signalVoltage1.p) annotation(Line(visible=true, origin={ -125.9083,-
50.3655}, points={ {-0.0333,-15.1567},{-0.0333,3.7185},{0.0333,3.7185},{0.0333,7.7197}}));
connect(signalVoltage1.n,capacitor1.n) annotation(Line(visible=true, origin={ -107.9375,-
16.1906}, points={ {-17.9375,-6.4552},{-17.9375,6.1906},{17.9375,6.1906},{17.9375,-
5.9261}}));
connect(signalVoltage1.n,ground2.p) annotation(Line(visible=true, origin={ -127.25,-14.2153},
points={ {1.375,-8.4305},{1.375,4.2153},{-2.75,4.2153}}));
connect(potentialSensor1.p,pin_p) annotation(Line(visible=true, origin={ 60.8375,-89.1813},
points={ {-14.4875,3.6062},{-3.8375,3.6063},{9.1625,3.6063},{9.1625,-10.8188}}));
connect(potentialSensor1.phi,y) annotation(Line(visible=true, origin={ 24.3083,-85.675},
points={ {1.0417,0.1},{1.0417,-0.05},{-2.0833,-0.05}}));
connect(y,y) annotation(Line(visible=true, origin={ 22.225,-85.725},
points={ {0.0,0.0},{0.0,0.0}}));
connect(brake2.flange_b,inertia1.flange_a) annotation(Line(visible=true,
origin={ 22.9994,17.3812}, points={ {0.0,-5.7937},{0.0,5.7938}}));
connect(DCPM.flange_a,inertia1.flange_b) annotation(Line(visible=true, origin={ -
0.8339,46.6273}, points={ {23.8333,3.3727},{23.8333,-3.4523},{23.8333,-3.4523},{23.8333,-
3.4523}}));
connect(DCPM1.flange_a,inertia2.flange_b) annotation(Line(visible=true, origin={ -
12.6589,47.1166}, points={ {0.0,2.8834},{0.0,-2.8833}}));
connect(inertia2.flange_a,brake3.flange_b) annotation(Line(visible=true, origin={ -
12.6589,18.4396}, points={ {0.0,5.7937},{0.0,-5.7938}}));
connect(variableResistor1.p,signalVoltage1.n) annotation(Line(visible=true, origin={ -125.875,-
12.8833}, points={ {0.0,9.7625},{0.0,-9.7625}}));

```

```
connect(variableResistor2.p,variableResistor1.n) annotation(Line(visible=true, origin={ -  
125.875,34.2333}, points={{0.0,17.3542},{0.0,-17.3542}}));  
connect(variableResistor2.n,pin_n) annotation(Line(visible=true, origin={ -60.5833,86.3181 },  
points={{ -65.2917,-14.7306},{ -65.2917,13.6819},{ 130.5833,13.6819}}));  
end objects;
```

## PŘÍLOHA E - ZDROJOVÝ KÓD MODELU PRO NABÍJENÍ

block Calculator

```

annotation(Diagram(coordinateSystem(extent={{-148.5,-105.0},{148.5,105.0}},
preserveAspectRatio=true, initialScale=0.1, grid={10,10})), Icon(coordinateSystem(extent={{-100.0,-100.0},{100.0,100.0}}, preserveAspectRatio=true, initialScale=0.1, grid={10,10}),
graphics={Text(visible=true, origin={-57.4646,70.0}, fillPattern=FillPattern.Solid, extent={{-22.5354,-23.8561},{22.5354,23.8561}}, textString="Ivyb",
fontName="Arial"),Text(visible=true, origin={36.616,85.7476}, fillPattern=FillPattern.Solid,
extent={{-19.4929,-11.5143},{19.4929,11.5143}}, textString="U",
fontName="Arial"),Text(visible=true, origin={44.5182,5.7929}, fillPattern=FillPattern.Solid,
extent={{-20.2849,-11.9821},{20.2849,11.9821}}, textString="R1",
fontName="Arial"),Text(visible=true, origin={45.2711,34.3689}, fillPattern=FillPattern.Solid,
extent={{-19.4914,-11.5134},{19.4914,11.5134}}, textString="R2",
fontName="Arial"),Text(visible=true, origin={50.0,-21.6958}, fillPattern=FillPattern.Solid,
extent={{-24.6561,-14.5642},{24.6561,14.5642}}, textString="Torq",
fontName="Arial"),Text(visible=true, origin={-74.4929,-70.0}, fillPattern=FillPattern.Solid,
extent={{-15.5071,-16.4159},{15.5071,16.4159}}, textString="t",
fontName="Arial"),Text(visible=true, origin={54.6561,-51.5761}, fillPattern=FillPattern.Solid,
extent={{-24.6561,-14.5642},{24.6561,14.5642}}, textString="Inab",
fontName="Arial"),Rectangle(visible=true, origin={0.0,1.3404}, fillColor={255,255,255},
extent={{-90.0,-101.3404},{90.0,101.3404}}),Text(visible=true, origin={45.3336,58.4866},
fillPattern=FillPattern.Solid, extent={{-19.4914,-11.5134},{19.4914,11.5134}}, textString="R3",
fontName="Arial"))));
parameter Real k=72000000;
parameter Real Imax=140;
parameter Real Inab=-100;
parameter Real Torq=-2;
parameter Real tstart=10;
Modelica.Blocks.Interfaces.RealInput I annotation(Placement(visible=true,
transformation(origin={-143.9928,48.0497}, extent={{-10.0,-10.0},{10.0,10.0}}, rotation=0),
iconTransformation(origin={-100.0,70.0}, extent={{-10.0,-10.0},{10.0,10.0}}, rotation=0)));
Modelica.Blocks.Continuous.Integrator integrator1 annotation(Placement(visible=true,
transformation(origin={-75.3394,47.8014}, extent={{-10.0,-10.0},{10.0,10.0}}, rotation=0)));
Modelica.Blocks.Interfaces.RealOutput U annotation(Placement(visible=true,
transformation(origin={140.0,90.0}, extent={{-10.0,-10.0},{10.0,10.0}}, rotation=0),
iconTransformation(origin={100.0,87.1987}, extent={{-10.0,-10.0},{10.0,10.0}}, rotation=0)));
Modelica.Blocks.Interfaces.RealInput t annotation(Placement(visible=true,
transformation(origin={-140.0,-70.0}, extent={{-10.0,-10.0},{10.0,10.0}}, rotation=0),
iconTransformation(origin={-100.0,-70.0}, extent={{-10.0,-10.0},{10.0,10.0}}, rotation=0)));
Modelica.Blocks.Interfaces.RealOutput torq annotation(Placement(visible=true,
transformation(origin={140.0,0.0}, extent={{-10.0,-10.0},{10.0,10.0}}, rotation=0),
iconTransformation(origin={100.0,-21.8533}, extent={{-10.0,-10.0},{10.0,10.0}}, rotation=0)));
Modelica.Blocks.Interfaces.RealOutput R1 annotation(Placement(visible=true,
transformation(origin={140.0,22.7841}, extent={{-10.0,-10.0},{10.0,10.0}}, rotation=0),
iconTransformation(origin={100.0,7.9375}, extent={{-10.0,-10.0},{10.0,10.0}}, rotation=0)));
Modelica.Blocks.Interfaces.RealOutput R2 annotation(Placement(visible=true,
transformation(origin={140.0,45.1673}, extent={{-10.0,-10.0},{10.0,10.0}}, rotation=0),
iconTransformation(origin={100.0,35.8208}, extent={{-10.0,-10.0},{10.0,10.0}}, rotation=0)));

```

```

Modelica.Blocks.Sources.RealExpression realExpression1(y=72000000)
annotation(Placement(visible=true, transformation(origin={-44.9083,7.3862}, extent={{-10.0,-
10.0},{10.0,10.0}}, rotation=0)));
Modelica.Blocks.Math.Division division1 annotation(Placement(visible=true,
transformation(origin={-7.1437,34.7046}, extent={{-10.0,-10.0},{10.0,10.0}}, rotation=0)));
Modelica.Blocks.Interfaces.RealOutput y annotation(Placement(visible=true,
transformation(origin={140.0,-25.4}, extent={{-10.0,-10.0},{10.0,10.0}}, rotation=0),
iconTransformation(origin={100.0,-51.7775}, extent={{-10.0,-10.0},{10.0,10.0}}, rotation=0)));
Modelica.Blocks.Sources.RealExpression realExpression6(y=if SOC.y < 0.9331 then (-
0.0138*SOC.y^2) + 0.535*SOC.y + 56.0493 else 0) annotation(Placement(visible=true,
transformation(origin={40.0,60.0}, extent={{-10.0,-10.0},{10.0,10.0}}, rotation=0)));
Modelica.Blocks.Sources.RealExpression realExpression4(y=(-1.9973*SOC.y^2) -
67.373*SOC.y + 107.98) annotation(Placement(visible=true, transformation(origin={-2.0044,-
90.0}, extent={{-10.0,-10.0},{10.0,10.0}}, rotation=0)));
Modelica.Blocks.Interfaces.RealOutput R3 annotation(Placement(visible=true,
transformation(origin={140.0,65.3441}, extent={{-10.0,-10.0},{10.0,10.0}}, rotation=0),
iconTransformation(origin={100.0,61.5875}, extent={{-10.0,-10.0},{10.0,10.0}}, rotation=0)));
Modelica.Blocks.Math.Add SOC annotation(Placement(visible=true,
transformation(origin={47.625,30.0}, extent={{-10.0,-10.0},{10.0,10.0}}, rotation=0)));
Modelica.Blocks.Sources.RealExpression realExpression2(y=0.0537)
annotation(Placement(visible=true, transformation(origin={0.0,10.0}, extent={{-10.0,-
10.0},{10.0,10.0}}, rotation=0)));
Modelica.Blocks.Interfaces.RealInput u annotation(Placement(visible=true,
transformation(origin={-142.875,-16.4042}, extent={{-10.0,-10.0},{10.0,10.0}}, rotation=0),
iconTransformation(origin={-89.0853,-16.127}, extent={{-10.0,-10.0},{10.0,10.0}},
rotation=0)));
Modelica.Blocks.Math.Product product1 annotation(Placement(visible=true,
transformation(origin={-87.3125,-22.7542}, extent={{-10.0,-10.0},{10.0,10.0}}, rotation=0)));
Modelica.Blocks.Math.Product product2 annotation(Placement(visible=true,
transformation(origin={-107.95,46.0375}, extent={{-10.0,-10.0},{10.0,10.0}}, rotation=0)));
equation
connect(product2.y,integrator1.u) annotation(Line(visible=true, origin={-92.2433,46.9194},
points={{-4.7067,-0.882},{-0.0986,-0.882},{-0.0986,0.882},{4.9039,0.882}}));
connect(I,product2.u2) annotation(Line(visible=true, origin={-128.4619,44.0436}, points={{-
15.5309,4.0061},{3.5095,4.0061},{3.5095,-4.0061},{8.5119,-4.0061}}));
connect(product2.u1,realExpression6.y) annotation(Line(visible=true, origin={-35.68,67.3458},
points={{-84.27,-15.3083},{-89.2725,-15.3083},{-
89.2725,22.6542},{88.0675,22.6542},{88.0675,-7.3458},{86.68,-7.3458}}));
connect(product1.u2,realExpression6.y) annotation(Line(visible=true, origin={-
23.5974,37.0819}, points={{-75.7151,-65.8361},{-80.7176,-65.8361},{-
80.7176,42.9181},{81.2765,42.9181},{81.2765,22.9181},{74.5974,22.9181}}));
connect(u,product1.u1) annotation(Line(visible=true, origin={-112.7044,-16.5792}, points={{-
30.1706,0.175},{8.3894,0.175},{8.3894,-0.175},{13.3919,-0.175}}));
connect(SOC.u2,realExpression2.y) annotation(Line(visible=true, origin={19.1569,17.0},
points={{16.4681,7.0},{-4.1556,7.0},{-4.1556,-7.0},{-8.1569,-7.0}}));
connect(division1.y,SOC.u1) annotation(Line(visible=true, origin={14.1037,35.3523},
points={{-10.2474,-0.6477},{-5.637,-0.6477},{-5.637,0.6477},{21.5213,0.6477}}));
connect(realExpression4.y,y) annotation(Line(visible=true, origin={100.7489,-57.7}, points={{-
91.7533,-32.3},{26.2511,-32.3},{26.2511,32.3},{39.2511,32.3}}));
connect(realExpression6.y,U) annotation(Line(visible=true, origin={111.25,75.0}, points={{-
60.25,-15.0},{15.75,-15.0},{15.75,15.0},{28.75,15.0}}));

```

```

connect(integrator1.y,division1.u1) annotation(Line(visible=true, origin={-32.9439,44.253},
points={{-31.3955,3.5484},{8.7977,3.5484},{8.7977,-3.5484},{13.8002,-3.5484}}));
connect(division1.u2,realExpression1.y) annotation(Line(visible=true, origin={-
28.2165,18.0454}, points={{9.0728,10.6592},{-1.6905,10.6592},{-1.6905,-10.6592},{-5.6918,-
10.6592}}));
torq=((-0.1068*SOC.y*2) + 4.521)/4.521;
R1=11 + 2.989*SOC.y;
R2=if t < 300 then 0.0405 + t*1.5e-05 else 0.045;
R3=if t < 300 then 0.03 + t*1.5e-05 else 0.0345;
end Calculator;

```

model objects

```

annotation(Diagram(coordinateSystem(extent={{-148.5,-105.0},{148.5,105.0}},
preserveAspectRatio=true, initialScale=0.1, grid={10,10})));
Modelica.Electrical.Machines.BasicMachines.DCMachines.DC_PermanentMagnet
DCPM(VaNominal=50, IaNominal=10, J_Rotor=0.01, La=0.0015, Ra=0.002,
rpmNominal=1425) annotation(Placement(visible=true, transformation(origin={22.9994,60.0},
extent={{-10.0,-10.0},{10.0,10.0}}, rotation=-810)));
Modelica.Electrical.Machines.BasicMachines.DCMachines.DC_PermanentMagnet
DCPM1(IaNominal=10, VaNominal=50, J_Rotor=0.01, La=0.0015, Ra=0.002,
rpmNominal=1425) annotation(Placement(visible=true, transformation(origin={-12.6589,60.0},
extent={{-10.0,-10.0},{10.0,10.0}}, rotation=-810)));
Modelica.Electrical.Analog.Basic.Ground ground2 annotation(Placement(visible=true,
transformation(origin={-140.0,-10.0}, extent={{-10.0,-10.0},{10.0,10.0}}, rotation=-1890)));
Modelica.Electrical.Analog.Sources.SignalVoltage signalVoltage1
annotation(Placement(visible=true, transformation(origin={-125.875,-32.6458}, extent={{-10.0,-
10.0},{10.0,10.0}}, rotation=-270)));
Modelica.Mechanics.Rotational.Inertia inertia1(J=0.15) annotation(Placement(visible=true,
transformation(origin={22.9994,33.175}, extent={{-10.0,-10.0},{10.0,10.0}}, rotation=-270)));
Modelica.Mechanics.Rotational.Inertia inertia2(J=0.15) annotation(Placement(visible=true,
transformation(origin={-12.6589,34.2333}, extent={{-10.0,-10.0},{10.0,10.0}}, rotation=-
270)));
Modelica.Electrical.Analog.Interfaces.NegativePin pin_n annotation(Placement(visible=true,
transformation(origin={70.0,100.0}, extent={{-10.0,-10.0},{10.0,10.0}}, rotation=0),
iconTransformation(origin={-58.0836,-30.7421}, extent={{-10.0,-10.0},{10.0,10.0}},
rotation=0)));
Modelica.Electrical.Analog.Basic.Capacitor capacitor1(C=5e-09)
annotation(Placement(visible=true, transformation(origin={-90.0,-32.1167}, extent={{-10.0,-
10.0},{10.0,10.0}}, rotation=-270)));
Modelica.Electrical.Analog.Basic.VariableResistor variableResistor1
annotation(Placement(visible=true, transformation(origin={-125.875,6.8792}, extent={{-10.0,-
10.0},{10.0,10.0}}, rotation=-270)));
Modelica.Electrical.Analog.Basic.VariableResistor variableResistor2
annotation(Placement(visible=true, transformation(origin={-125.875,61.5875}, extent={{-10.0,-
10.0},{10.0,10.0}}, rotation=-270)));
Modelica.Electrical.Analog.Basic.VariableResistor variableResistor3
annotation(Placement(visible=true, transformation(origin={-70.0,60.0}, extent={{-10.0,-
10.0},{10.0,10.0}}, rotation=-270)));

```

```

Modelica.Blocks.Sources.Clock clock1 annotation(Placement(visible=true,
transformation(origin={-52.3875,-85.1152}, extent={{-10.0,-10.0},{10.0,10.0}}, rotation=-
270)));
Modelica.Mechanics.Rotational.Brake brake2(fn_max=6.285)
annotation(Placement(visible=true, transformation(origin={22.9994,1.5875}, extent={{-10.0,-
10.0},{10.0,10.0}}, rotation=-270)));
Modelica.Mechanics.Rotational.Brake brake3(fn_max=6.285)
annotation(Placement(visible=true, transformation(origin={-12.6589,2.6458}, extent={{-10.0,-
10.0},{10.0,10.0}}, rotation=-270)));
Modelica.Electrical.Analog.Sources.SignalCurrent signalCurrent1
annotation(Placement(visible=true, transformation(origin={120.0,10.0}, extent={{-10.0,-
10.0},{10.0,10.0}}, rotation=-810)));
VRB_BATTERY_nabijeni_20130518.Calculator calculator1 annotation(Placement(visible=true,
transformation(origin={-4.2875,-42.55}, extent={{-10.0,-10.0},{10.0,10.0}}, rotation=0)));
VRB_BATTERY_nabijeni_20130518.Calculator calculator1;
Modelica.Electrical.Analog.Sensors.CurrentSensor currentSensor1
annotation(Placement(visible=true, transformation(origin={-125.9417,-62.0625}, extent={{-
10.0,-10.0},{10.0,10.0}}, rotation=-270)));
Modelica.Electrical.Analog.Sensors.CurrentSensor currentSensor2
annotation(Placement(visible=true, transformation(origin={120.0,-23.1333}, extent={{-10.0,-
10.0},{10.0,10.0}}, rotation=-810)));
equation
connect(currentSensor2.i,calculator1.u) annotation(Line(visible=true, origin={8.5868,-43.459},
points={{101.4132,20.3256},{11.4132,20.3256},{11.4132,-20.041},{-40.3368,-20.041},{-
40.3368,0.0673},{-21.7829,0.0673},{-21.7829,-0.7037}}));
connect(currentSensor1.i,calculator1.I) annotation(Line(visible=true, origin={-53.88,-46.9633},
points={{-62.0617,-15.0992},{-8.5617,-15.0992},{-
8.5617,9.3925},{39.5925,9.3925},{39.5925,11.4133}}));
connect(variableResistor3.p,currentSensor1.p) annotation(Line(visible=true, origin={-103.7767,-
58.825}, points={{33.7767,108.825},{33.7767,-41.175},{-22.6942,-41.175},{-22.6942,-
13.2375},{-22.165,-13.2375}}));
connect(capacitor1.p,currentSensor1.p) annotation(Line(visible=true, origin={-110.7183,-
77.2483}, points={{20.7183,35.1316},{20.7183,-22.7517},{-13.1067,-22.7517},{-
13.1067,5.1858},{-15.2233,5.1858}}));
connect(currentSensor2.p,signalCurrent1.n) annotation(Line(visible=true, origin={120.0,-
6.5667}, points={{0.0,-6.5667},{0.0,6.5667}}));
connect(currentSensor1.p,currentSensor2.n) annotation(Line(visible=true, origin={-2.9708,-
76.299}, points={{-122.9708,4.2365},{-122.9708,-23.701},{122.9708,-
23.701},{122.9708,43.1656}}));
connect(signalVoltage1.p,currentSensor1.n) annotation(Line(visible=true, origin={-125.9083,-
47.7077}, points={{0.0333,5.0619},{0.0333,-0.3535},{-0.0333,-0.3535},{-0.0333,-4.3548}}));
connect(calculator1.t,clock1.y) annotation(Line(visible=true, origin={-39.6875,-57.7384},
points={{25.4,8.1884},{-12.7,8.1884},{-12.7,-16.3768}}));
connect(signalCurrent1.i,calculator1.y) annotation(Line(visible=true, origin={99.6781,-18.8639},
points={{27.3219,28.8639},{33.3219,28.8639},{33.3219,-28.8639},{-93.9656,-28.8639}}));
connect(calculator1.torq,brake3.f_normalized) annotation(Line(visible=true, origin={-9.307,-
23.8798}, points={{15.0195,-20.8555},{19.0207,-20.8555},{19.0207,-5.6702},{-19.3544,-
5.6702},{-19.3544,26.5256},{-14.3519,26.5256}}));
connect(calculator1.torq,brake2.f_normalized) annotation(Line(visible=true, origin={8.5222,-
24.2326}, points={{-2.8097,-20.5027},{1.1916,-20.5027},{1.1916,-5.3174},{-1.5253,-
5.3174},{-1.5253,25.8201},{3.4772,25.8201}}));

```

```

connect(calculator1.R3,variableResistor1.R) annotation(Line(visible=true, origin={-27.7906,-
14.756}, points={{33.5031,-21.6352},{37.7906,-21.6352},{37.7906,21.6352},{-
109.0844,21.6352}}));
connect(calculator1.R1,variableResistor3.R) annotation(Line(visible=true, origin={-
13.001,9.1219}, points={{18.7135,-50.8781},{24.6427,-50.8781},{24.6427,50.8781},{-
67.999,50.8781}}));
connect(calculator1.U,signalVoltage1.v) annotation(Line(visible=true, origin={-64.2475,-
28.3735}, points={{69.96,-5.4566},{73.9613,-5.4566},{73.9613,9.7289},{-74.6275,9.7289},{-
74.6275,-4.2723},{-68.6275,-4.2723}}));
connect(variableResistor2.R,calculator1.R2) annotation(Line(visible=true, origin={-
65.915,23.4019}, points={{-70.96,38.1856},{-75.9625,38.1856},{-
75.9625,24.1843},{75.6288,24.1843},{75.6288,-62.3699},{71.6275,-62.3699}}));
connect(variableResistor3.n,DCPM.pin_an) annotation(Line(visible=true, origin={-
6.5999,70.0005}, points={{-63.4001,-0.0005},{-63.4001,4.0007},{43.6005,4.0007},{43.6005,-
4.0005},{39.5993,-4.0005}}));
connect(variableResistor3.n,DCPM1.pin_an) annotation(Line(visible=true, origin={-
27.9948,70.0005}, points={{-42.0052,-0.0005},{-42.0052,4.0007},{29.3372,4.0007},{29.3372,-
4.0005},{25.3359,-4.0005}}));
connect(DCPM1.pin_ap,variableResistor3.p) annotation(Line(visible=true, origin={-
27.9948,49.9995}, points={{25.3359,4.0005},{29.3372,4.0005},{29.3372,-4.0008},{-42.0052,-
4.0007},{-42.0052,0.0005}}));
connect(DCPM.pin_ap,variableResistor3.p) annotation(Line(visible=true, origin={-
6.5999,49.9995}, points={{39.5993,4.0005},{43.6005,4.0005},{43.6005,-4.0008},{-63.4001,-
4.0007},{-63.4001,0.0005}}));
connect(variableResistor3.n,pin_n) annotation(Line(visible=true, origin={-23.3333,90.0},
points={{-46.6667,-20.0},{-46.6667,10.0},{93.3333,10.0}}));
connect(pin_n,signalCurrent1.p) annotation(Line(visible=true, origin={107.5,61.0003},
points={{-37.5,38.9997},{12.5,38.9997},{12.5,-36.9991},{12.5,-41.0003}}));
connect(signalVoltage1.n,capacitor1.n) annotation(Line(visible=true, origin={-107.9375,-
16.1906}, points={{-17.9375,-6.4552},{-17.9375,6.1906},{17.9375,6.1906},{17.9375,-
5.9261}}));
connect(signalVoltage1.n,ground2.p) annotation(Line(visible=true, origin={-127.25,-14.2153},
points={{1.375,-8.4305},{1.375,4.2153},{-2.75,4.2153}}));
connect(brake2.flange_b,inertia1.flange_a) annotation(Line(visible=true,
origin={22.9994,17.3812}, points={{0.0,-5.7937},{0.0,5.7938}}));
connect(DCPM.flange_a,inertia1.flange_b) annotation(Line(visible=true, origin={-
0.8339,46.6273}, points={{23.8333,3.3727},{23.8333,-3.4523},{23.8333,-3.4523},{23.8333,-
3.4523}}));
connect(DCPM1.flange_a,inertia2.flange_b) annotation(Line(visible=true, origin={-
12.6589,47.1166}, points={{0.0,2.8834},{0.0,-2.8833}}));
connect(inertia2.flange_a,brake3.flange_b) annotation(Line(visible=true, origin={-
12.6589,18.4396}, points={{0.0,5.7937},{0.0,-5.7938}}));
connect(variableResistor1.p,signalVoltage1.n) annotation(Line(visible=true, origin={-125.875,-
12.8833}, points={{0.0,9.7625},{0.0,-9.7625}}));
connect(variableResistor2.p,variableResistor1.n) annotation(Line(visible=true, origin={-
125.875,34.2333}, points={{0.0,17.3542},{0.0,-17.3542}}));
connect(variableResistor2.n,pin_n) annotation(Line(visible=true, origin={-60.5833,86.3181},
points={{-65.2917,-14.7306},{-65.2917,13.6819},{130.5833,13.6819}}));
end objects;

```